Affaires indiennes et du Nord Canada
Indian and Northern Affairs Canada

Étude environnemental no. 37

Réactions des narvals et des bélugas à la circulation maritime et au passage des brise-glaces le long de la banquise dans l'est de l'Extrême-Arctique canadien de 1982 à 1984.

Canada

87-01670/

Étude environnementale n° 37

Réactions des narvals et des bélugas à la circulation maritime et aupassage des brise-glaces le long de la banquise dans l'est de L'extrême-Arctique canadien de 1982 à 1984.

Programme des affaires du Nord

LGL Limited
Environmental Research Associates

©Publié avec l'autorisation de
l'hon. Bill McKnight, c.p., député,
ministre des Affaires indiennes
et du Nord canadien,
Ottawa, 1986.

QS-8375-000-FF-A1
N° de catalogue: R71-19/37/1986F
ISBN 0-662-93638-8

Ce rapport a été produit pour le Programme d'initiatives pétrolières et gazières dans le Nord, Direction générale des ressources renouvelables et de l'environnement du Nord, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien.

Les opinions, conclusions et recommandations contenues dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Ministère.

Ce rapport a pour but de fournir un aperçu des résultats de trois annés d'études des effets des navires et des brise-glaces sur les bélugas et les narvals.

Le lecteur qui voudrait obtenir plus de renseignements sur les techniques utilisées et les résultats obtenus pourra consulter l'Étude environnementale n° 37 **Reactions of Beluga Whales and Narwhals to Ship Traffic and Ice-breaking Along Ice Edges in the Eastern Canadian High Arctic : 1982-1984,** disponible en anglais seulement.

TABLE DES MATIÈRES

Page

TABLE DES MATIÈRES..... i

LISTE DES FIGURES..... iii

INTRODUCTION..... 1

Exposé..... 1
Approche générale..... 3
Objet du rapport..... 5
Promoteurs de l'étude..... 6
Documents de référence..... 7

MÉTHODES..... 9
Régions étudiées..... 9
Description des navires..... 10
Méthodes de collecte des données..... 12
  Observation aérienne..... 12
  Observations à partir de la banquise..... 13
  Échantillonnage acoustique..... 14
    Comportement vocal des baleines..... 14
    Bruit ambiant..... 15
    Bruit des navires..... 16
Protocoles d'étude..... 16
  1982..... 17
  1983..... 19
  1984..... 20

RÉSULTATS ET EXPOSÉ..... 23
Bruit ambiant..... 23
Bruit des navires..... 26
Modèles de comportement observés chez les narvals et
les bélugas..... 30
  Distribution et déplacements..... 30
  Modèles d'activité à la surface..... 33
  Comportement vocal..... 35

Page

Réactions des baleines en 1982..... 36
Réactions des baleines en 1983..... 38
Situation antérieure à la perturbation..... 39
Approche de l'Arctic..... 41
Démarrage de l'Arctic et arrivée du John A. MacDonald..... 42
Démarrages subséquents des navires..... 45
Formation de fissures glacielles..... 48
Réactions des baleines en 1984..... 51

CONCLUSIONS..... 57

OUVRAGES CITÉS..... 64

LISTE DES FIGURES

FIGURE		Page
1.	Emplacements des principales lisières de glace dans le détroit de Lancaster à la fin de juin et au début de juillet 1982, 1983 et 1984.	11
2.	Secteur étudié en 1982 indiquant le trajet de l'Arctic entre les 28 et 30 juin.	18
3.	La région étudiée à la fin de juin 1983.	21
4.	Spectres du bruit ambiant à la lisière de glace du détroit de Lancaster, à 14 h 58, le 20 juin 1983; 20 m de profondeur.	24
5.	Spectres du bruit ambiant à la lisière de glace du détroit de Lancaster, à 0 h 05, le 23 juin 1983; 20 m de profondeur.	27
6.	Spectre du niveau à la source de l'Arctic en marche avant.	32
7.	Distribution et nombre de narvals, de bélugas et de baleines boréales le long de la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté, des régions côtières adjacentes et de la lisière de glace d'une partie du détroit de Lancaster A) le 29 juin 1982 (20 h 51 - 22 h 05), et B) le 30 juin 1982 (20 h 30 - 22 h 07).	40
8.	Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés pendant l'étude 6 A), le 25 juin 1983 (10 h 59 - 11 h 49), et l'étude 7 B), le 25 juin 1983 (19 h 24 - 20 h 24).	43
9.	Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés pendant l'étude 8 A), le 26 juin 1983 (9 h 22 - 10 h 57) et l'étude 9 B), le 26 juin 1983 (14 h 28 - 16 h 50).	46

FIGURE

		Page
10.	Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés pendant l'étude 12 A), le 30 juin 1983 (12 h 42 - 13 h 45), et l'étude 13 B), le 1er juillet 1983 (12 h 35 - 14 h 25).	49
11.	Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés pendant l'étude 14 A), le 2 juillet 1983 (11 h 17 - 12 h 28), et l'étude 15 B), le 3 juillet 1983 (10 h 55 - 12 h 45).	50
12.	Distribution et direction des mouvements des narvals et des bélugas vus au cours de l'observation aérienne A) le 27 juin 1984 (11 h 30 - 14 h 15), et B) le 28 juin 1984 (8 h 00 - 10 h 00).	53
13.	Distribution et direction des mouvements des narvals et des bélugas vus pendant l'observation aérienne A), le 28 juin 1984 (16 h 00 - 18 h 00), et B) le 29 juin 1984 (8 h 10 - 10 h 15).	56
14.	Distribution et direction des mouvements des narvals et des bélugas vus pendant l'observation aérienne A), le 29 juin 1984 (18 h 30 - 20 h 30), et B) le 1er juillet 1984 (15 h 20 - 17 h 20).	58

INTRODUCTION

Exposé

Au cours des dernières années, on a pris conscience et on s'est préoccupé de plus en plus des effets possibles des activités liées au transport sur les mammifères marins de l'Arctique. Les projets de transport d'hydrocarbures (le Projet pilote de l'Arctique, Dome Petroleum Limited), à partir de l'Arctique au moyen de gros brise-glace circulant toute l'année, sont des questions particulièrement importantes. En outre, dans le cadre de plus petits projets, on propose de prolonger la saison du transport en eaux libres au printemps et à l'automne en ayant recours à des brise-glace. En général, la question soulevée est de savoir si l'activité des brise-glace et le bruit sous-marin produit par les navires peuvent affecter les mammifères marins en perturbant les communications sous-marines entre ces animaux ou en créant des interférences. Aucune étude concernant les effets des navires sur les mammifères marins de l'est de l'Arctique canadien n'a été effectuée avant le programme actuel.

Au printemps de 1982, la Canarctic Shipping Ltd. a dévoilé un projet visant à envoyer un minéralier brise-glace, l'Arctic, à la mine de plomb et de zinc de Nanisivik en lui faisant franchir la banquise de l'inlet de l'Amirauté. Cette expédition avait pour but de déterminer s'il était possible de rallonger la durée de la saison d'expédition à la mine. La possibilité d'accéder plus tôt à la mine devait permettre un plus grand nombre d'envois de minerai chaque année et améliorer la rentabilité de l'entreprise minière.

L'expédition proposée a soulevé des craintes parmi les chasseurs inuit d'Arctic Bay qui, au printemps, chassent le narval le long de la lisière de glace et dans les fissures glacielles de l'inlet de l'Amirauté. Les chasseurs craignaient que l'Arctic effraie et éloigne de la lisière de glace les narvals qui gagneraient d'autres aires inaccessibles aux chasseurs. Ils redoutaient aussi que les navires ne gênent directement la chasse. En réponse aux problèmes particuliers des chasseurs d'Arctic Bay et au problème plus vaste du transport en général dans l'Arctique, le Programme des affaires du Nord, Affaires indiennes et du Nord Canada, a organisé une étude sur les réactions des narvals et des bélugas au passage de l'Arctic au cours de son expédition dans l'inlet de l'Amirauté en juin 1982. L'étude s'est poursuivie en juin 1983 et 1984, tirant parti des sondages supplémentaires effectués par l'Arctic et les brise-glace de la Garde côtière canadienne qui l'accompagnaient.

Approche générale

La migration printanière des narvals et des bélugas dans l'Extrême-Arctique est déterminée par l'état des glaces. Les narvals pénètrent dans le détroit de Lancaster et se dirigent vers les principales aires estivales dans l'inlet de l'Amirauté et les chenaux plus à l'ouest. Les narvals arrivent généralement avant la débâcle du détroit de Lancaster et de l'inlet de l'Amirauté. Ils se tiennent le long des lisières de la banquise côtière et dans les eaux voisines en attendant que des fissures et des chenaux se forment dans la banquise. Les territoires estivaux des bélugas se trouvent dans le centre de l'Arctique, et ces animaux empruntent les eaux côtières septentrionales du détroit de Lancaster comme route migratoire vers ces régions. Pendant les années où une lisière de banquise côtière se forme dans le détroit de Lancaster, les bélugas se concentrent en fortes densités le long de la lisière en attendant la formation des fissures et des chenaux. (Ce bref résumé s'inspire d'observations recueillies au cours de neuf années; voir Davis et al. 1978; Davis et Finley 1979; Koski 1980; Finley et al. 1984 pour plus de détails.)

Nos études ont été conçues de manière à tirer parti de la présence de ces lisières de banquise côtière. Les baleines étaient concentrées dans ces secteurs et la banquise formait une plate-forme

semi-solide utilisée pour les observations biologiques là où les navires qui arrivaient étaient forcés d'entamer la glace.

Notre étude de base a débuté avec une collecte de données sur le comportement paisible des baleines le long de la lisière de glace avant l'arrivée des navires. Nous avons ensuite recueilli des données sur les changements de comportement lorsque les navires sont arrivés et pendant la durée de l'activité des navires dans le secteur. Les baleines ont également été observées pendant une courte période suivant la perturbation pour examiner le retour aux modèles normaux de comportement et de distribution. Trois méthodes de base ont été utilisées pour recueillir des renseignements sur le comportement des baleines et les changements introduits par les navires dans le milieu de ces animaux. Des observations aériennes ont été effectuées le long des lisières de glace (et au large des côtes en 1984) pour obtenir des données sur les profils à grande échelle de distribution et de mouvement des baleines. Les biologistes postés sur la lisière de glace ont recueilli des renseignements détaillés sur le comportement des baleines en surface et sous l'eau. Des hydrophones ont été déployés sous la banquise pour obtenir des données sur le comportement vocal sous-marin des bélugas et des narvals en période de calme et lorsque les navires étaient présents dans le secteur. Les hydrophones ont également servi à fournir des renseignements sur les niveaux naturels de bruit (ambiant) sous-marin et les niveaux de bruit sous-marin produit par les navires.

Objet du rapport

Le présent rapport a pour but de fournir un aperçu général des trois années d'étude concernant les effets des navires et des brise-glace sur les bélugas et les narvals. Il a aussi pour but de montrer aux lecteurs la façon dont l'étude a été effectuée, les principaux résultats et les conclusions qui peuvent être tirées. Les résultats de ces trois années sont intégrés au présent rapport et forment la base des principales conclusions.

Ce rapport n'a pas la prétention d'être un traité technique complet sur ces études. Le lecteur intéressé aux détails de l'approche et des résultats techniques doit consulter les trois rapports annuels d'où est tiré le présent aperçu. Il est nécessaire de se référer à ces documents de travail afin d'examiner la base technique des interprétations et conclusions contenues dans ce rapport. Les documents de référence sont cités à la fin de l'introduction.

Promoteurs de l'étude

Le projet a été coordonné par la Direction de la protection du Nord du ministère des Affaires indiennes et du du Nord canadien (MAINC). Les différentes phases du projet ont été financées par les sociétés et les organismes mentionnés ci-dessous.

Organisme	Éléments de l'étude			
	1982	1983 sur le terrain	1983 dans les bureaux	1984
MAINC	X	X	X	X
Projet pilote de l'Arctique	X	X	X	-
Garde côtière canadienne	-	X	X	-
Canarctic Shipping Ltd.	X	X	-	-
Consolidex-Magnorth-Oakwood	-	X	-	-
Dome Petroleum Ltd.	-	X	X	-
Environnement Canada	X	X	-	-
Gouvernement des T. N.-O.	X	-	-	-
Ressources Gulf Canada Inc.	-	X	X	-

En plus des promoteurs ci-dessus, un grand nombre de personnes et d'organismes ont prêté leur concours à ces études. Des remerciements particuliers pour cette aide sont exprimés dans les rapports annuels pour chaque élément. Deux groupes de sous-entrepreneurs méritent de recevoir ici une mention spéciale.

L'Avataug Inc. d'Arctic Bay, son président Glenn Williams et les chasseurs d'Arctic Bay ont fourni le soutien logistique et des conseils indispensables concernant l'état et la sécurité des glaces. C.R. Greene (D. Sc.), de la Greeneridge Sciences Inc. de Santa Barbara, était responsable de la collecte et de l'analyse des données sous-marines sur le bruit ambiant et le bruit des navires.

Documents de référence

Le présent rapport est fondé sur les rapports techniques détaillés décrivant chacune des trois années d'étude. Un rapport supplémentaire sur le bruit des navires et la perte de transmission a également été préparé par C.R. Greene (1984). Les trois rapports annuels cités sont mentionnés ci-dessous.

Finley, K.J., C.R. Greene et R.A. Davis. A study of ambient noise, ship noise, and the reactions of narwhals and belugas to the MV Arctic breaking ice in Admiralty Inlet, N.W.T. - 1982, reproduit par la LGL Limited, Toronto, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1983, 108 p.

Finley, K.J., G.W. Miller, R.A. Davis et C.R. Greene. Responses of narwhals (Monodon monoceros) and belugas (Delphinapterus leucas) to ice-breaking ships in Lancaster Sound - 1983, reproduit par LGL Limited., King City, Ontario, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1984, 117 p.

Miller, G.W. et R.A. Davis. Distribution and movements of narwhals and beluga whales in response to ship traffic at the Lancaster Sound ice edge - 1984, reproduit par LGL Limited, King City, Ontario, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1984, 34 p.

MÉTHODES

Les paragraphes suivants contiennent un bref aperçu des régions étudiées et des méthodes utilisées au cours des trois années qu'a duré l'étude. Pour obtenir des détails techniques complets, se référer aux rapports annuels précédents.

Régions étudiées

L'état des glaces était différent au cours de chacune des trois années étudiées. L'emplacement des principales lisières de glace étudiées est indiqué à la figure 1. La situation de 1982 était plus représentative de l'état moyen des glaces parce que la principale lisière de glace dans le détroit de Parry (détroits de Lancaster et de Barrow) se trouvait à l'ouest de l'inlet de l'Amirauté. En l'occurrence, l'Arctic n'a rencontré que des glaces non consolidées dans le détroit de Lancaster; il n'a pas commencé à briser la glace de façon continue avant de s'engager sur la banquise côtière à l'entrée de l'inlet de l'Amirauté. En 1982, l'Arctic était accompagné du brise-glace John A. MacDonald, mais ce dernier est resté au large dans le détroit de Lancaster étant donné que l'Arctic n'a guère eu de difficulté à franchir l'inlet de l'Amirauté pour atteindre la mine de Nanisivik.

En 1983, l'Arctic était de nouveau accompagné du brise-glace John A. MacDonald. La lisière de glace traversait l'extrémité est du détroit de Lancaster et l'état des glaces était très mauvais. L'Arctic n'a pas réussi à se frayer un passage dans la glace du détroit de Lancaster et le John A. MacDonald, prenant la relève, a escorté l'Arctic dans l'inlet de l'Amirauté.

En 1984, la lisière de glace se trouvait de nouveau à l'est de l'inlet de l'Amirauté. Le Louis St. Laurent accompagnait l'Arctic sur la banquise mais ce dernier a pu se frayer un passage jusqu'à Nanisivik, tandis que le premier est resté dans la glace à l'entrée de l'inlet de l'Amirauté.

Description des navires

L'Arctic est un minéralier brise-glace d'environ 20 000 tonnes de port en lourd et il mesure 209,5 m de long avec un tirant d'eau de 11 m. Le navire est actionné par un seul moteur diesel produisant 14 770 h.p. sur un seul arbre d'hélice à pas variable.

Le John A. MacDonald mesure 96 m de long avec un tirant d'eau de 8,6 m et un port en lourd de 3 685 tonnes. Le navire est actionné par neuf moteurs diesel électriques produisant 15 000 h.p. sur trois arbres d'hélice à pas fixe. Le brise-glace

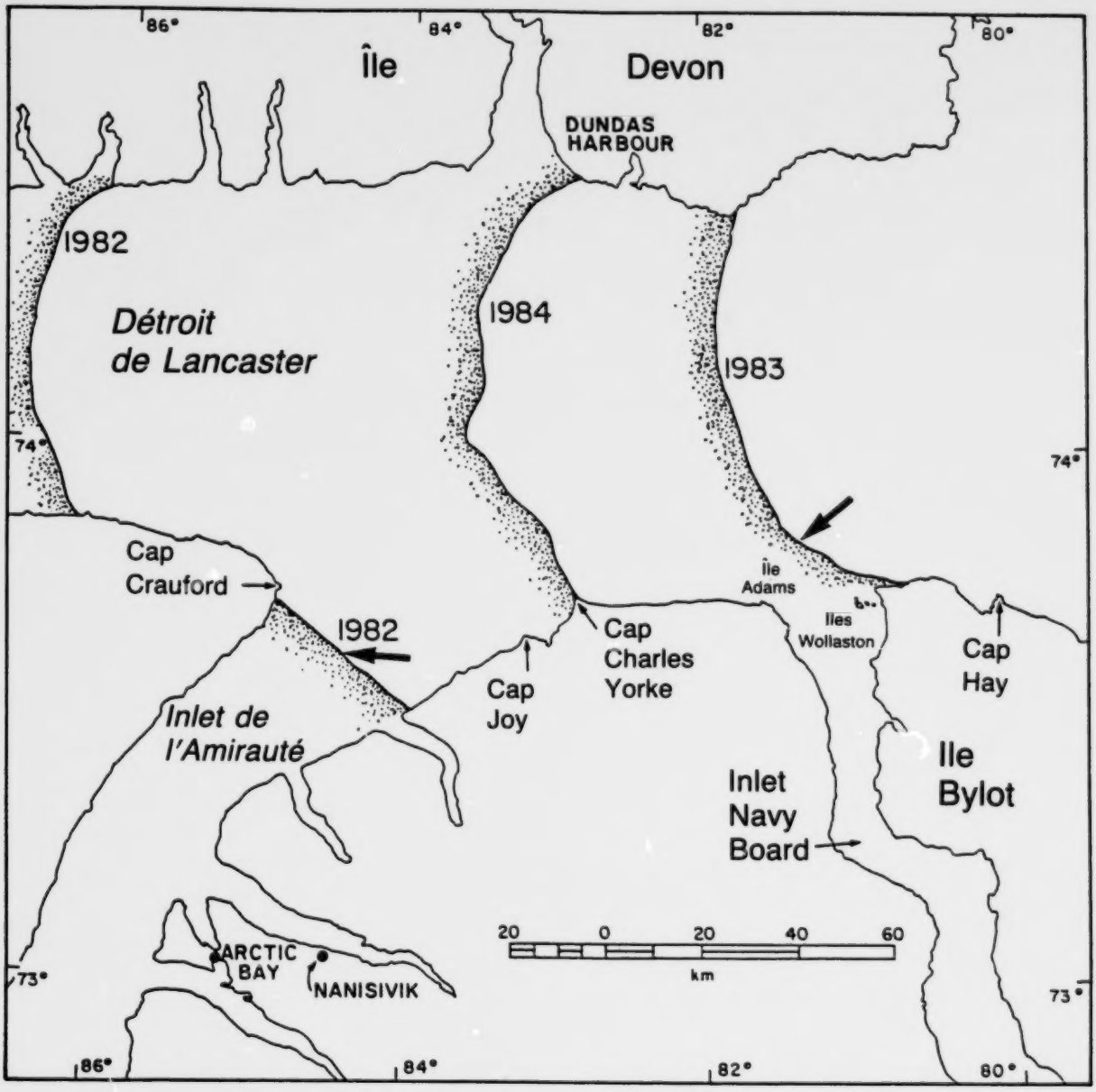

Fig. 1. Emplacements des principales lisières de glace (pointillé) dans le secteur du détroit de Lancaster à la fin de juin et au début de juillet 1982, 1983 et 1984. Les principaux postes d'observation situés sur la banquise sont indiqués par des flèches.

Louis St. Laurent mesure 111,7 m de long avec un tirant d'eau de 9,45 m et un tonnage brut de 10 908 tonnes. Le navire est actionné par des turbines à vapeur produisant 24 000 h.p. sur trois arbres d'hélice à pas fixe.

Méthodes de collecte des données

Observation aérienne

Des observations aériennes ont été effectuées pendant chacune des trois années. En 1982 et en 1983, un hélicoptère à turbine (Bell 206B) a été utilisé. Il a fallu se servir d'un hélicoptère étant donné qu'entre les études aériennes, les observateurs faisaient leurs observations à partir de la lisière de glace et ne pouvaient être atteints que par hélicoptère. Cet appareil convenait pour l'observation aérienne le long des lisières de glace compacte et du littoral, mais pour des raisons de sécurité, il ne pouvait pas voler au large au-dessus de l'eau libre. L'hélicoptère avait aussi le désavantage de ne pas être muni d'un système de navigation précis permettant de déterminer son emplacement et celui des baleines le long de la lisière de glace.

En 1984, en l'absence d'équipes sur la glace, nous avons utilisé un Havilland Twin Otter muni d'un système de navigation GNS-500 pour l'observation aérienne. Par conséquent, nous avons pu

obtenir des données d'études plus précises sur l'emplacement des baleines. Nous avons également été en mesure d'étudier les zones hauturières.

Les méthodes standards d'observation aérienne ont été utilisées, et les résultats sont comparables à ceux qui ont été obtenus par d'autres études effectuées dans l'Extrême-Arctique. Les détails concernant les méthodes figurent dans les rapports d'information générale.

Observations à partir de la banquise

Les biologistes postés à la lisière de glace en 1982 et en 1983 ont fait des observations détaillées du comportement des baleines. Ces observations ont fourni des données sur le comportement général, le temps de plongée, la fréquence de montées à la surface et de respiration, le comportement social, la vitesse des déplacements, et des identifications individuelles d'animaux marqués.

La base de données englobe les bélugas et les narvals en période de calme en l'absence des navires, dans des situations où les navires sont présents et en action, et dans des situations où les navires sont présents mais au repos.

Échantillonnage acoustique

Des hydrophones ont été déployés sous la glace en 1982 et en 1983 pour obtenir des renseignements sur le bruit sous-marin si important pour les mammifères marins. Au moyen des hydrophones, les sons ont été enregistrés sur ruban pour analyse ultérieure en laboratoire. En général, deux hydrophones ont été utilisés simultanément à des profondeurs de 3 et 20 m sous la surface glacielle. Deux types d'hydrophones ont été utilisés : un hydrophone à large bande de modèle H56 de la Marine américaine, utile pour les sons dans les plages de fréquences utilisées par les baleines, et un hydrophone à lames pour les bruits de faible intensité, particulièrement utile pour les bruits à basse fréquence produits par les navires. Trois types de données acoustiques ont été recueillies et analysées.

Comportement vocal des baleines

Au cours de l'étude, des renseignements concernant le répertoire vocal complexe des bélugas et des narvals ont été obtenus. Dans la mesure du possible, les vocalisations des baleines étaient reliées au comportement en surface des animaux observés, et le contexte des différents appels a été examiné. Les changements du comportement vocal des baleines lors de la présence et de l'activité des navires ont été soigneusement examinés.

Au cours de l'analyse, la fréquence des divers appels des baleines a été établie à l'aide d'un analyseur de spectre en temps réel. Des analyses quantitatives et qualitatives du nombre et des types de vocalisations enregistrées dans différentes situations expérimentales de contrôle ont été effectuées.

Bruit ambiant

Les niveaux naturels de bruit ambiant en l'absence de navires ont été déterminés, en 1982, à la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté et, en 1983, à la lisière de glace du détroit de Lancaster (voir figure 1 pour les emplacements). Des échantillons de dix minutes ont été prélevés aux deux heures pendant les deux études, quoiqu'il y ait eu certaines interruptions dans l'enregistrement à cause de la modification de l'état des glaces. Un petit nombre d'échantillons des niveaux de bruit ambiant sous la glace entre 11 et 18 km à partir de la lisière de glace a également été obtenu. Les analyses de bruit ambiant comportent des analyses de niveau de bande et de niveau de spectre. Les données conviennent à la préparation des distributions de probabilité des divers niveaux de bruit ambiant, maix ceux-ci n'étaient pas requis pour les objectifs particuliers de cette étude.

Bruit des navires

Les données obtenues par les hydrophones ont servi à établir les spectres des fréquences des bruits produits par l'Arctic et le John A. MacDonald. Nous avons également pu déterminer les niveaux de bruit des navires perçus par les baleines observées. Il y a également des données sur la distance du navire enregistrées par l'hydrophone lorsque le bruit du navire était tout juste décelable. Les différents niveaux de bruit des navires perçus étaient liés au comportement vocal et au comportement en surface des baleines pour évaluer les niveaux et le contenu du bruit auxquels les baleines réagissaient. Bien que cela ne fût pas l'un des objectifs de l'étude, nous avons pu en 1982 estimer les niveaux de bruit à la source de l'Arctic cassant la glace. Une étude connexe pour déterminer les taux de perte de transmission et les niveaux de bruit à la source du John A. MacDonald est signalée par Greene (1984).

Protocoles d'étude

Pendant chacune des trois années, l'emplacement des études et l'accent mis sur les points observés ont varié. Les protocoles d'étude sont brièvement résumés ci-dessous.

1982

L'étude de 1982 était une première étude de portée réduite organisée dans le délai de moins de deux semaines entre l'approbation du projet et l'arrivée de l'Arctic à la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté. Par suite du démarrage tardif et du fait que l'équipe sur le terrain était coincée sur une plaque de glace flottante, nous n'avons pu disposer que d'un seul jour pour étudier le comportement normal des baleines avant la perturbation et pour recueillir les données sur le bruit ambiant.

Les détails de l'arrivée de l'Arctic, le deuxième jour, sont indiqués à la figure 2. Des observations visuelles constantes sur le comportement des baleines et des enregistrements acoustiques réguliers ont été exécutés pendant l'approche du navire. Les observations et les enregistrements se sont poursuivis jusqu'après l'arrivée de l'Arctic à Nanisivik, et des renseignements sur le retour aux modèles normaux de comportement et de distribution des baleines ont été enregistrés.

En 1982, nous n'avons pu disposer d'un hélicoptère pour l'observation aérienne qu'en certaines occasions. Par conséquent, il n'a pas été possible de réaliser les études aux meilleurs moments. Cependant, des observations valables ont pu être

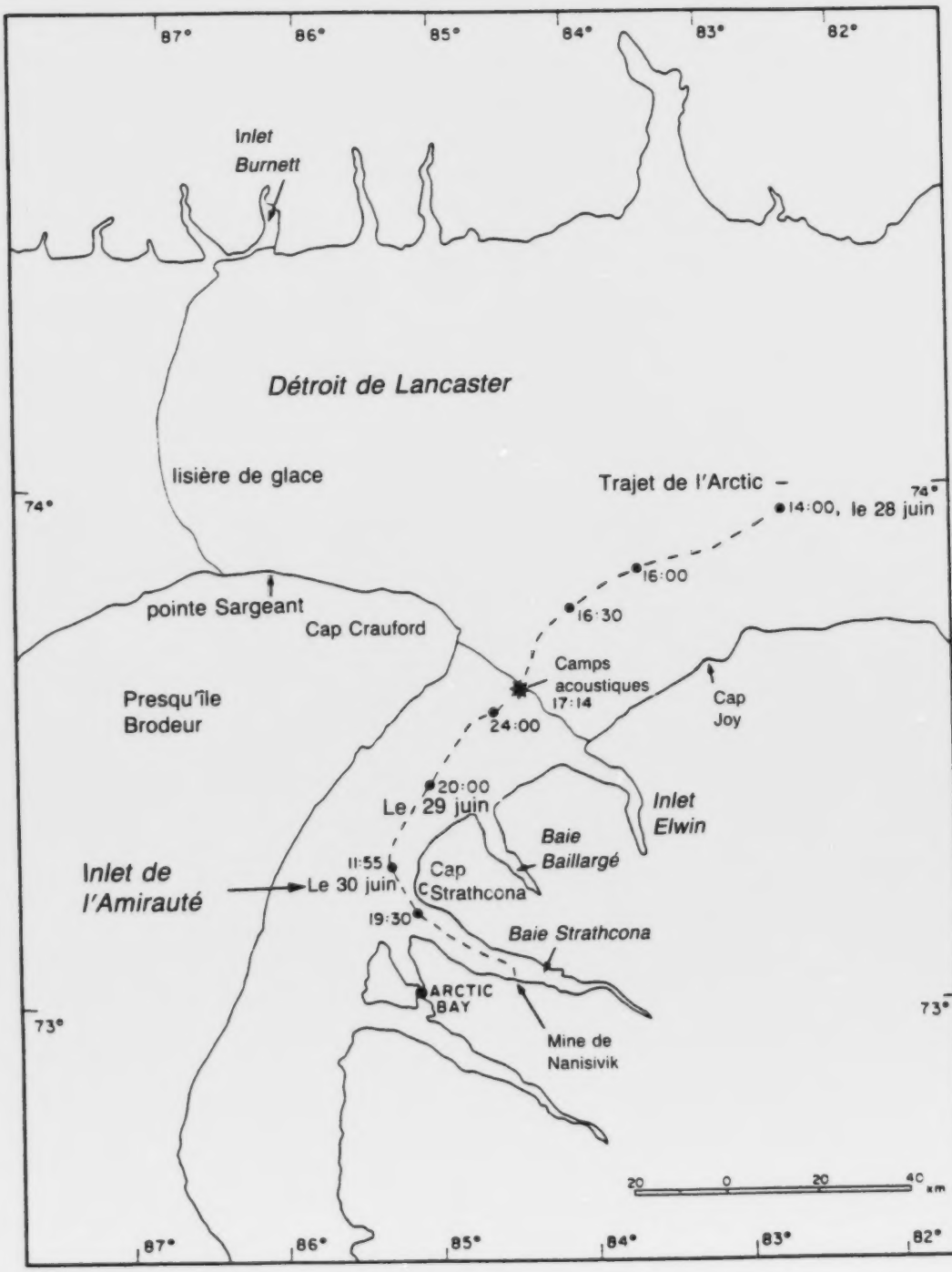

Fig. 2. Secteur étudié en 1982 indiquant le trajet de l'Arctic entre les 28 et 30 juin.

effectuées 22 heures avant, et 28 et 52 heures après l'arrivée de l'Arctic près de la lisière de glace. Ce dernier relevé a apporté des informations supplémentaires sur la réaction des baleines au brise-glace John A. MacDonald qui était arrêté le long du milieu de la lisière de glace du détroit de Lancaster.

1983

L'étude de 1983 représentait un effort plus grand et plus global portant sur la lisière de glace du détroit de Lancaster. La période de surveillance précédant la perturbation a duré cinq jours complets et a fourni des informations appropriées sur le comportement, les vocalisations et la distribution des baleines non dérangées. L'Arctic a atteint la lisière de glace le 24 juin et le John A. MacDonald est arrivé deux jours plus tard. Le trajet des deux navires dans le secteur étudié apparaît à la figure 3.

D'après le plan initial de l'étude, l'Arctic devait se frayer un chemin jusqu'à Nanisivik tandis que le John A. MacDonald devait simuler des niveaux modérés d'activité d'un brise-glace en se mettant en marche quelques heures tous les deux jours à la lisière de glace. L'étude a dû être planifiée de nouveau sur le terrain, l'Arctic n'ayant pu avancer en raison de l'épaisseur de la couche de glace. Par conséquent, le John A. MacDonald a dû briser la glace et conduire l'Arctic dans l'inlet de l'Amirauté. Toutefois, étant

donné l'épaisseur de la glace, les navires n'ont progressé que très lentement dans le détroit de Lancaster. Cet incident, joint au fait que les deux navires se sont arrêtés chaque soir, a produit une série de périodes de perturbations, séparées par des intervalles de calme, pendant cinq jours après l'arrivée du John A. MacDonald près de la lisière de glace. Les observations sur le comportement et les enregistrements acoustiques ont été exécutés au cours de cette période.

La période suivant la perturbation a été caractérisée par des niveaux élevés de chasse à la baleine par les Inuit d'Arctic Bay et la formation des principaux chenaux et fissures dans la banquise du détroit de Lancaster.

En 1983, un hélicoptère était réservé pour le projet, ce qui a permis d'exécuter dix-huit études de la lisière de glace du détroit de Lancaster. Malheureusement, l'Arctic étant parvenu à la lisière pendant une tempête de neige, il n'a pas été possible d'effectuer les observations ce jour-là.

1984

L'étude de 1984 comportait des observations aériennes pendant une courte période (une semaine) pour obtenir des informations plus complètes sur la réaction de distribution des

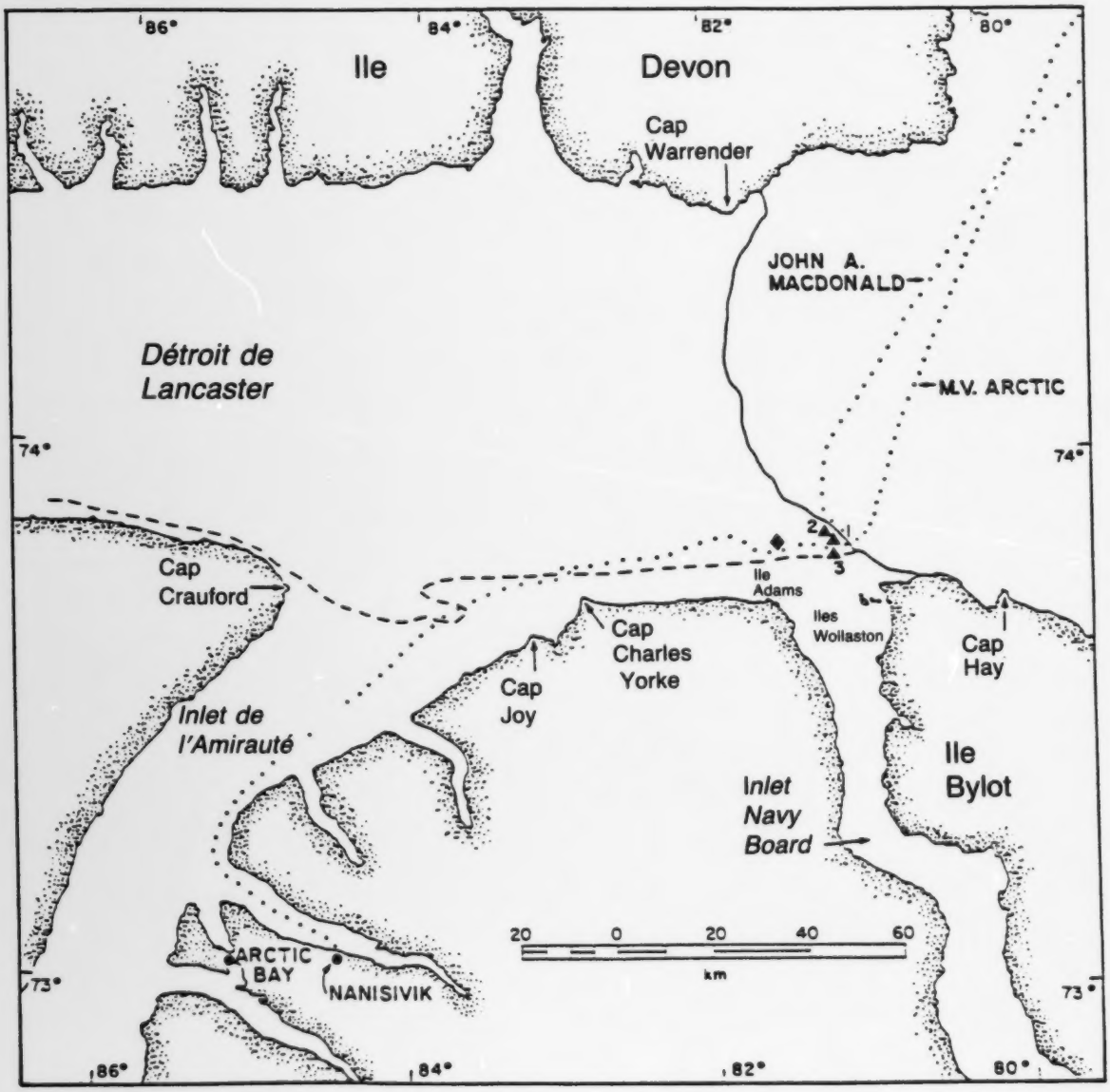

Fig. 3. Secteur d'étude de 1983 à la fin de juin. Les postes d'observation (occupés du 19 au 27 juin) sont indiqués par des triangles et un losange pleins. La voie frayée et le trajet de l'Arctic du John A. MacDonald sont indiqués respectivement par des traits continus et une ligne pointillée.

bélugas et des narvals au premier navire arrivant à la lisière de glace du détroit de Lancaster. En outre, nous avons pu obtenir des informations sur les réactions des baleines au large de la lisière de glace. L'étude de 1984 a également fourni des informations permettant de vérifier si les réactions des baleines étaient semblables sur le plan de la qualité au cours des trois années d'étude.

Sept observations aériennes ont été effectuées; la première a eu lieu le jour précédant l'arrivée de l'Arctic et du Louis St. Laurent près de la lisière de glace. Les quatre observations aériennes suivantes ont eu lieu pendant les périodes où le degré d'activité des navires était élevé. Les deux dernières observations aériennes ont été effectuées après le déplacement des navires vers l'ouest de la banquise, mais les baleines pouvaient probablement les entendre encore à la lisière de glace.

RÉSULTATS ET EXPOSÉ

Bruit ambiant

Le milieu sous-marin a tendance, par sa nature, à être très bruyant. Un grand nombre de mesures (chacune d'une durée de dix minutes) du bruit ambiant ont été effectuées à la fin de juin 1982 à la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté et à la fin de juin et au début de juillet 1983 à la lisière de glace du détroit de Lancaster. Ces mesures donnent des indications sur les niveaux de bruits naturels qu'entendent les baleines en l'absence du bruit des navires.

Le bruit ambiant le long des deux lisières de glace était donné par les vocalisations de mammifères marins, notamment des phoques barbus, des bélugas et des narvals. La figure 4 illustre le bruit ambiant type à la lisière de glace du détroit de Lancaster le 20 juin 1983. Les spectres de cette figure montrent les niveaux de bruit à chaque fréquence à partir d'environ 10 Hz à 16 kHz. Les pics de la bande des fréquences les plus élevées (1-15 kHz -- fig. 4C) sont produits par les appels des bélugas. La pointe des basses fréquences à 19 Hz (fig. 4A) est causée par la fissuration de la glace.

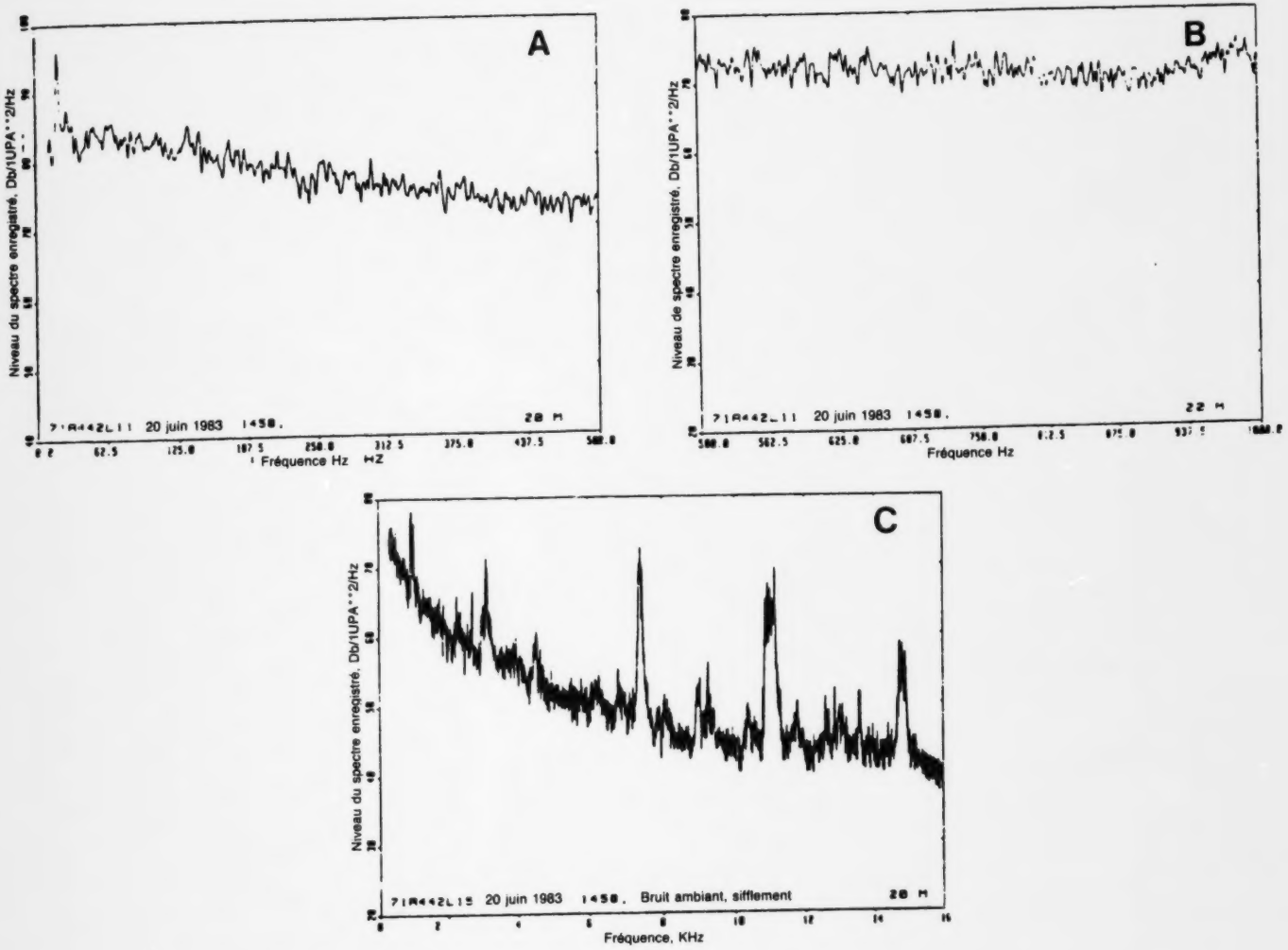

Fig. 4. Spectres du bruit ambiant à la lisière de glace du détroit de Lancaster, à 14 h 58, le 20 juin 1983, à 20 m de profondeur. Les vocalisations des bélugas apparaissent entre 1 et 15 kHz.

La figure 5 présente le spectre du bruit ambiant à la lisière de glace du détroit de Lancaster dans des conditions très différentes. Cet exemple a été pris en période de calme, au milieu de la nuit (0 h 05 le 23 juin). En général, les niveaux ambiants sont d'environ 20 dB inférieurs à ceux de la figure 4, ce qui est représentatif de l'extrémité élevée de la gamme de bruit ambiant. Les pointes entre 400 et 600 Hz dans le spectre de la figure 5 représentent l'appel d'un phoque barbu. Cette fois encore, les plus basses fréquences sont probablement causées par la glace soumise à la pression.

En plus des principales variations temporelles du bruit ambiant noté ci-dessus, il y avait également des différences entre les secteurs et les habitats. Les niveaux ambiants à la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté en 1982 variaient entre 8 et 15 dB en dessous de la moyenne par rapport aux niveaux à la lisière de glace du détroit de Lancaster en 1983. Cette situation était due aux conditions généralement plus calmes existant en 1982 et au fait que les animaux étaient plus rares à l'inlet de l'Amirauté.

Le bruit ambiant était plus faible sous la banquise côtière, loin de la lisière où dominait le bruit des vagues et des cris animaux. Les mesures appariées montrent que les niveaux ambiants étaient jusqu'à 10 dB plus bas sous la glace à 11 km de la lisière de glace du détroit de Lancaster que ne l'étaient les

niveaux à la lisière. Des résultats analogues ont été obtenus par Thiele (1984) dans une étude réalisée en 1983, où les niveaux ambiants étaient mesurés à la lisière de glace du détroit de Lancaster et à une station sous la glace à environ 30 km de la lisière.

Bruit des navires

L'étude détaillée des niveaux de bruit à la source produit par les navires au cours de cette étude ne faisait pas partie des objectifs de la présente phase. Les niveaux de bruit à la source et les pertes de transmission ont été examinés dans des études connexes par Greene (1984) et Thiele (1984). La présente étude portait principalement sur les caractéristiques des niveaux et des spectres de bruit produit par les navires et réellement entendu par les baleines faisant l'objet de l'étude. Les détails concernant ces niveaux de bruit perçu sont présentés dans les rapports d'information générale mais ne sont pas répétés ici. Cependant, quelques points saillants sont examinés.

En premier lieu, les trois navires de la présente étude ne sont pas des navires particulièrement bruyants (N. Brown; Bolt, Beranek et Newman Inc.; communication personnelle). Les niveaux de bruit étaient assez typiques de ceux des autres gros navires. Par

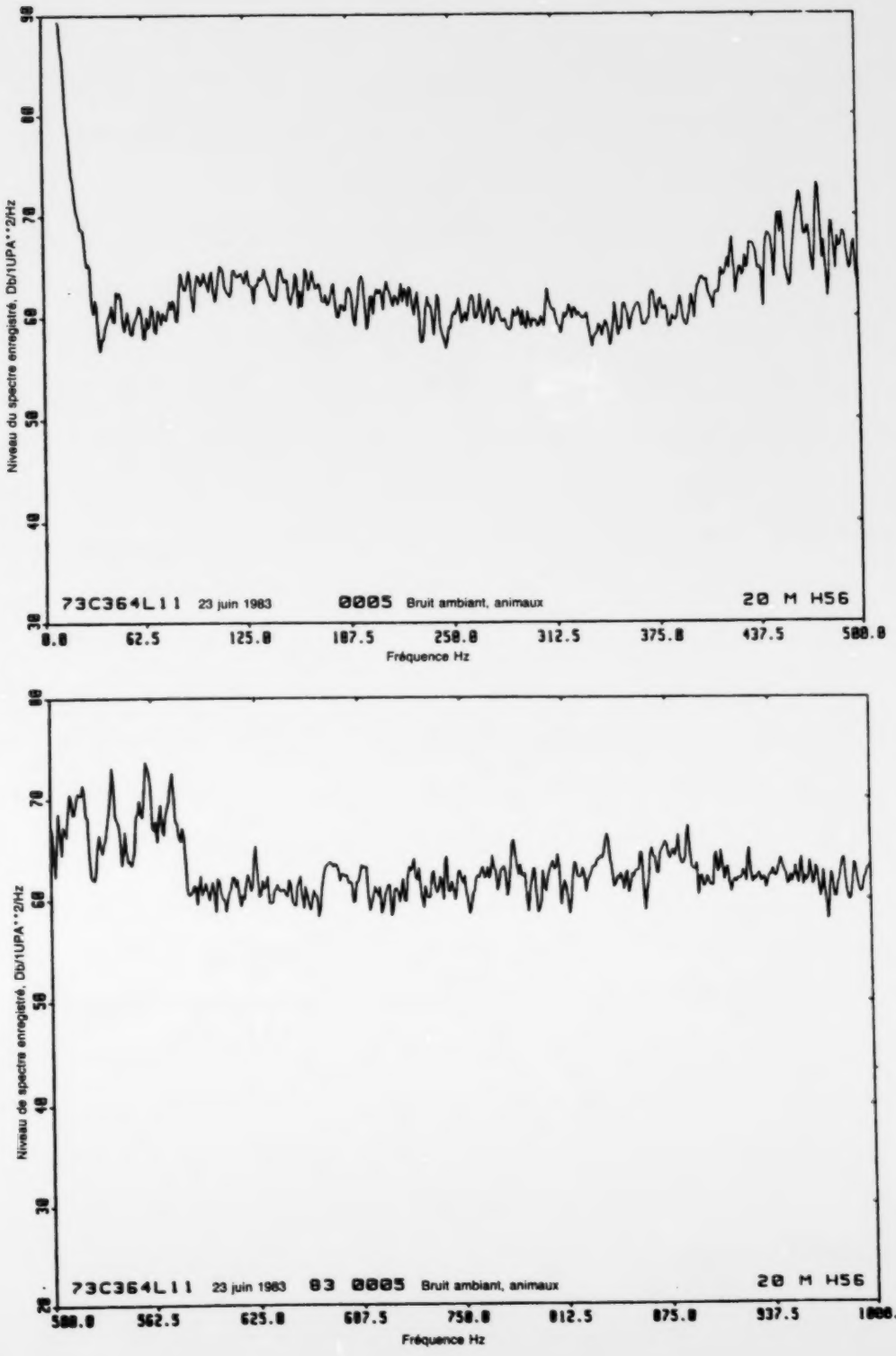

Fig. 5. Spectre du bruit ambiant à la lisière de glace du détroit de Lancaster, à 0 h 05, le 23 juin 1983, à 20 m de profondeur.

conséquent, les réactions des baleines (voir ci-dessous) ne résultaient probablement pas de quelque caractéristique inhabituelle des navires en question.

Tant en 1982 qu'en 1983, l'Arctic était le premier navire à s'approcher des hydrophones à la lisière de glace. Le bruit sous-marin du navire était d'abord décelable lorsque le navire se trouvait à une distance considérable de la lisière. En 1982, une tonalité (205 Hz) est d'abord apparue sur le spectre enregistré lorsque le navire se trouvait éloigné de 105 km, bien qu'elle fût inaudible pour l'oreille humaine. Le navire était clairement audible à une distance de 46 km avec les hydrophones. En 1983, des indications de tonalités apparaissaient sur le spectre lorsque le navire se trouvait à 132 km. Le navire était distinctement (quoique faiblement) audible avec l'hydrophone à une distance de 84 km. En fait, comme nous le verrons plus loin, c'est à ce moment-là que les bélugas ont commencé à émettre des "cris d'alarme".

L'importance réelle et potentielle des tonalités de l'Arctic représente l'une des plus intéressantes découvertes de cette étude. Dans les récents examens de réglementation (Projet pilote de l'Arctique, Développement de la mer de Beaufort) des effets possibles du bruit des navires sur les mammifères marins, l'accent a été mis sur la faible fréquence (moins de 50 à 100 Hz), la large bande de bruit associée à la cavitation produite par

l'hélice. La présente étude montre que les tonalités liées à la machinerie des navires peuvent également être importantes. Pendant les deux années, les tonalités ont été les premiers éléments décelables sur le spectre sonore. Celles-ci n'étaient pas les tonalités à très faible fréquence découlant de la vitesse de rotation des pales de l'hélice mais des tonalités à plus haute fréquence pouvant être décelées par les animaux. Les tonalités dominantes de l'Arctic étaient à 53, 106 et 205 Hz. Les deux premières étaient associées à la fréquence des temps moteur du moteur principal (harmonique fondamentale et secondaire). La tonalité de 205 Hz venait du compresseur utilisé pour le système à bulles d'air servant à réduire la friction entre la coque du navire et la glace marine. Le niveau de la tonalité de 205 Hz à la source était estimé à 171,4 dB//1 uPa à 1 m. Le niveau de la source de tonalité de 53 Hz a été estimé à 171,5 dB//1 uPa à 1 m. Le spectre du niveau de la source estimé pour l'Arctic en marche avant apparaît à la figure 6.

En définitive, il est intéressant de noter que le bruit variait considérablement lorsque les navires avançaient dans une glace épaisse par rapport aux sons beaucoup plus réguliers en eau libre. D'après le profil type, le brise-glace heurte la glace de front jusqu'à ce qu'il ait perdu son élan. Le navire fait alors machine arrière avant de s'attaquer de nouveau à la glace. Dans le cas de l'Arctic, les bruits de marche arrière présentaient des caractéristiques spectrales différentes et ils étaient d'environ

5 dB supérieurs à ceux de marche avant. Entre ces deux modes, le bruit s'interrompait puis on entendait un fort bruit de transition au moment où l'hélice passait de la marche arrière à la marche avant. Par conséquent, il se produisait des changements importants de bruit du navire pendant ce cycle, bien que celui-ci fût répété d'une manière prévisible.

Modèles de comportement observé chez les narvals et les bélugas

Avant de présenter année par année un aperçu des principaux résultats de cette étude, nous résumerons brièvement les modèles d'activité des narvals et des bélugas en période de calme et en période de réaction aux navires.

Distribution et déplacements

Au cours des trois années, la distribution et le nombre des narvals et des bélugas ont été fortement influencés par la présence d'une barrière de glace dans le détroit de Lancaster. Au cours de cette période, les bélugas se regroupent habituellement en grand nombre le long de la lisière de glace en attendant l'accès à leurs territoires estivaux situés plus à l'ouest. Ils se répartissent plus ou moins également le long de la lisière de glace du détroit de Lancaster. Les bélugas se concentrent également en grand nombre le long de la côte méridionale de l'île Devon, principal corridor migratoire au printemps et à l'automne. Ils sont présents en

plus petit nombre dans la partie sud du détroit de Lancaster. Dans leurs déplacements le long de la lisière de glace, les bélugas effectuent des allées et venues répétées, quoique, à des moments particuliers, leurs déplacements dans l'ensemble peuvent être coordonnés dans une même direction. Les vitesses des déplacements dirigés occasionnels sont de l'ordre de 6 à 7 km/h.

De la mi-juin jusqu'à la fin du mois, des narvals sont également apparus le long des lisières de glace dans le détroit de Lancaster, mais moins nombreux que les bélugas. A cette période, la majorité des narvals restent largement distribués dans les eaux hauturières. Cette fraction de la population (principalement des mâles adultes) qui se trouve le long des lisières de glace habite généralement le long de la moitié sud de la lisière du détroit de Lancaster et le long des lisières voisines des inlets Navy Board et de l'Amirauté. Généralement, les narvals effectuent des allées et venues répétées le long des lisières de glace et, tout comme chez les bélugas, leurs déplacements tendent à se coordonner dans une direction à tout moment. Toutefois, leurs mouvements semblent être moins fortement dirigés que ceux des bélugas; souvent, ils exécutent des cercles et des plongeons ou peuvent se reposer à proximité de la lisière de glace.

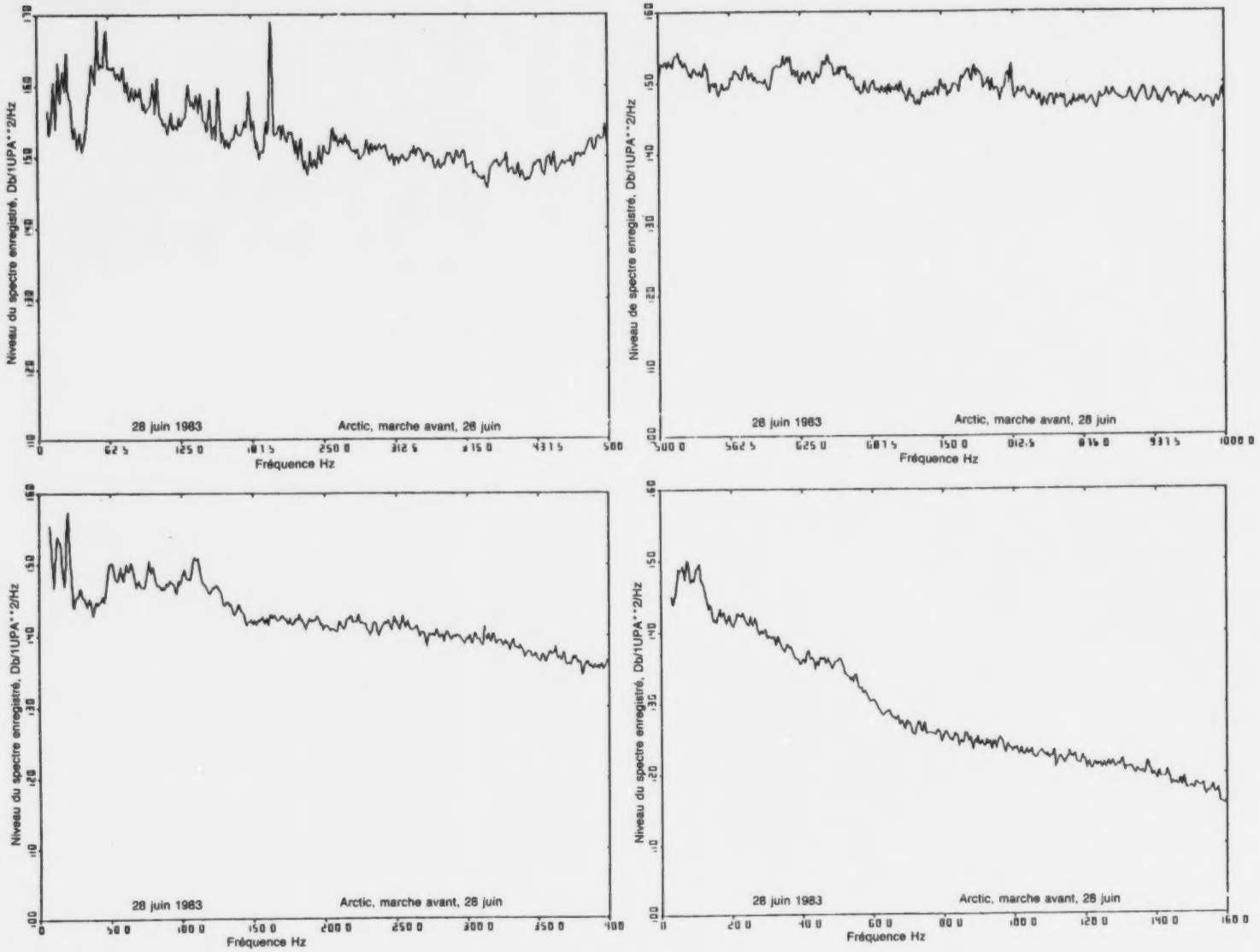

Fig. 6. Spectre du niveau de bruit à la source produit par l'Arctic en marche avant.

L'approche des navires provoque chez les bélugas un mouvement rapide le long des lisières de glace. Il en résulte fréquemment des profils de distribution resserrés avec des concentrations importantes dans les régions côtières voisines des lisières de glace et de grands vides le long de la lisière de glace sur le parcours direct du navire. L'approche des navires provoque également le déplacement des narvals, mais à un degré moindre.

Modèles d'activité à la surface

Les bélugas et les narvals le long des lisières de glace présentent des profils de réaction en surface très différents à l'approche des navires. Nous désignons ces comportements comme une réaction "de fuite" chez le béluga et une réaction "figée" chez le narval, quoique en définitive l'activité en surface se traduise par un déplacement chez les deux espèces de la zone perturbée.

Habituellement, la réaction de fuite du béluga se manifeste par son déplacement rapide le long des lisières de glace pour s'éloigner du navire qui approche. L'animal peut atteindre une vitesse supérieure à 20 km/h. Au cours de tels déplacements, il sort hors de l'eau de façon inhabituelle (marsouinage) et exécute des plongeons en longueur peu profonds, à proximité ou sous la lisière de glace. Les rapides mouvements de fuite des bélugas sont rigoureusement coordonnés dans une direction parallèle à de

longs segments de la lisière de glace; parfois, des troupeaux denses se forment à l'arrière-garde de ces déplacements. Le groupe se disperse (ou devient moins évident) dans les mouvements "de fuite" et les plongeons semblent asynchrones. Ces réactions notables de surface des bélugas "en fuite" sont accompagnées d'émissions sous-marines de "cris d'alarme" (voir ci-dessous).

Au contraire, les narvals ont, à l'approche des navires, des mouvements lents ou restent immobiles à proximité de la lisière de glace. En réalité, au lieu de plonger, ils ont tendance à se laisser couler à pic au moment de l'immersion. Souvent ils se ramassent en petites bandes compactes et peuvent avoir des contacts physiques. Les bandes ou les individus semblent exécuter leurs mouvements indépendamment les uns des autres et les bandes ne se rassemblent pas en troupeau. La première réaction du narval à l'approche des navires est de se tenir près de la lisière de glace, généralement en effectuant des déplacements sous la glace. Ultérieurement, les narvals semblent se disperser le long de la lisière de glace ou en haute mer pendant la perturbation produite par les navires. Le comportement "figé" du narval est lié à la cessation de ses bruits sous-marins normaux pendant ses premières réactions à la perturbation par les navires (voir ci-dessous).

Comportement vocal

En juin, le milieu sous-marin près des lisières de glace du détroit de Lancaster retentit généralement des vocalisations produites par les narvals, les bélugas et les phoques barbus. La présence des narvals se manifeste par leurs claquements bruyants dans la bande de 3 à 6 kHz et par des appels pulsés discrets (généralement à 2-3 kHz) qui entrent principalement sous la bande du "claquement". La réaction "figée" des narvals à l'approche des navires se traduit en partie par la cessation temporaire de leurs vocalisations.

Les bélugas sont plus en évidence dans les enregistrements sous-marins par leur répertoire complexe de vocalisations tonales qui entrent principalement dans la gamme de fréquence entre 2 et 8 kHz. En réaction aux perturbations produites par les navires, leur activité vocale se modifie considérablement et comporte plus de sons pulsés, notamment des cris de large bande et une variété d'appels avec une tonalité d'"excitation". Dans cette étude, nous avons appelé ces cris pulsés à large bande "cris d'alarme". Les signaux d'alerte semblent varier entre des signaux de premier ordre comme les cris à des tonalités plus basses et des appels (bourdonnements, série de pépiements) suggérant un certain degré d'excitation.

Réactions des baleines en 1982

L'interprétation des résultats de 1982 a été retardée faute d'avoir pu réunir des données complètes sur les modèles normaux de distribution et de comportement des baleines le long de la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté avant l'arrivée de l'Arctic et parce que les observations aériennes n'ont pu être effectuées aux moments les plus appropriés. Des données ont été recueillies sur les réactions importantes à l'égard des navires.

L'approche de l'Arctic près de la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté le 28 juin a suscité les réactions types, soit "figée" et "de fuite", chez les narvals et les bélugas et provoqué le déplacement des baleines le long et à l'écart de la lisière de glace. Les bélugas ont réagi fortement pour tenter d'éviter le navire qui se trouvait encore à une distance de 35 à 40 km mais qui s'avançait rapidement (27 km/h). Juste avant que l'on observe le mouvement "de fuite", le navire était clairement audible avec les hydrophones. Le navire apparaissait également à faibles fréquences dans les spectres de bruit avec une pointe tonale notable (80dB//1 uPa) à 205 Hz. Les "cris d'alarme" pulsés accompagnaient les mouvements de "fuite" des bélugas. La masse des bélugas en mouvement (200-300 animaux) a défilé sous les yeux des observateurs postés sur la glace plus d'une heure avant l'arrivée du navire à la

lisière de glace. Lorsque le navire se fût approché dans un rayon de 12 km de la lisière, les mouvements des bélugas ont semblé devenir confus, les animaux se déplaçant dans les deux directions, se retournant fréquemment, tournant en rond et plongeant sous la lisière de glace. Contrairement aux bélugas, plusieurs narvals sont restés près de la lisière de glace (manifestant un comportement "figé") pendant de longues périodes à mesure que l'Arctic s'approchait de cette lisière. Les narvals ont été les dernières baleines à quitter la lisière de glace en face du chemin du navire; quelques individus sont restés à l'écart dans un rayon de 5 km du navire alors qu'il s'attaquait à la lisière de glace pour y pénétrer. A mesure que le navire approchait, les narvals ont cessé leurs vocalisations.

Les narvals et les bélugas sont disparus de la lisière de glace de l'inlet l'Amirauté pendant plus de trente heures après l'arrivée de l'Arctic. Pendant cette période, le navire a brisé la glace presque sans interruption. Trente heures après son arrivée à la lisière de glace, l'Arctic avait pénétré à 28 km dans la banquise côtière.

On ne sait pas avec certitude jusqu'à quelle distance sont allés les bélugas et les narvals déplacés de la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté par l'arrivée de l'Arctic, mais un relevé aérien effectué trente heures plus tard a montré qu'il ne restait

plus de baleines le long de cette lisière. Les bélugas ont été découverts en grand nombre le long de la région côtière voisine (fig. 7A), dont beaucoup revenaient vers la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté.

Dans les quarante-huit heures suivant l'arrivée de l'Arctic, les narvals et les bélugas avaient repris leurs activités normales le long de la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté. L'Arctic se trouvait à 45 km de la lisière de glace mais il était encore audible (100 dB//1 uPa dans la bande de 20-1000 Hz) lorsque les deux espèces se sont mises à manger de manière frénétique le long de la lisière de glace. La distribution des baleines cinquante-deux heures après l'arrivée de l'Arctic apparaît dans la figure 7B. Celle-ci indique aussi que les animaux ont tenté d'éviter le brise-glace arrêté le long de la lisière de glace dans le détroit de Lancaster.

Réactions des baleines en 1983

Bien que nous n'ayons pas pu en 1983 effectuer des expériences rigoureusement contrôlées sur la perturbation, le navire a exercé des activités par intermittences, permettant l'observation des réactions des narvals et des bélugas aux bruits du navire à intervalles distincts suivant des périodes de calme. Au total, sept périodes de "perburbation" ont été reconnues, mais celles-ci ont

varié d'intensité pendant l'approche du navire vers les lisières de glace, les deux premières perturbations, les démarrages subséquents et les opérations de bris de glace, à mesure que les navires s'éloignaient de la lisière au cours des périodes de perturbation restantes. A la septième période de perturbation, les navires se trouvaient à plus de 40 km de la lisière de glace.

Situation antérieure à la perburtation

Des observations aériennes ont été effectuées pendant cinq jours différents avant l'arrivée de l'Arctic près de la lisière de glace du détroit de Lancaster en juin 1983. Ces relevés montraient que les bélugas (dont le nombre maximum était de 939 le 23 juin) étaient distribués plus ou moins également le long de la lisière de glace du détroit de Lancaster. On trouvait régulièrement des narvals le long du tiers sud de la lisière de glace, où 115 mammifères au maximum ont été comptés le 21 juin. Les deux espèces de baleines se tenaient près de la lisière de glace; la majorité se trouvait à 400 m de la lisière de glace et leurs mouvements étaient parallèles à celle-là.

Les mâles adultes étaient les plus nombreux parmi les populations de narvals et de bélugas de la lisière de glace. Plus de 90 p. 100 des narvals le long de cette lisière étaient des mâles adultes. Au moins 61 p. 100 de la population des bélugas adultes étaient considérés comme des mâles (soit en petites bandes distinctes de "célibataires" ou d'adultes non accompagnés de jeunes).

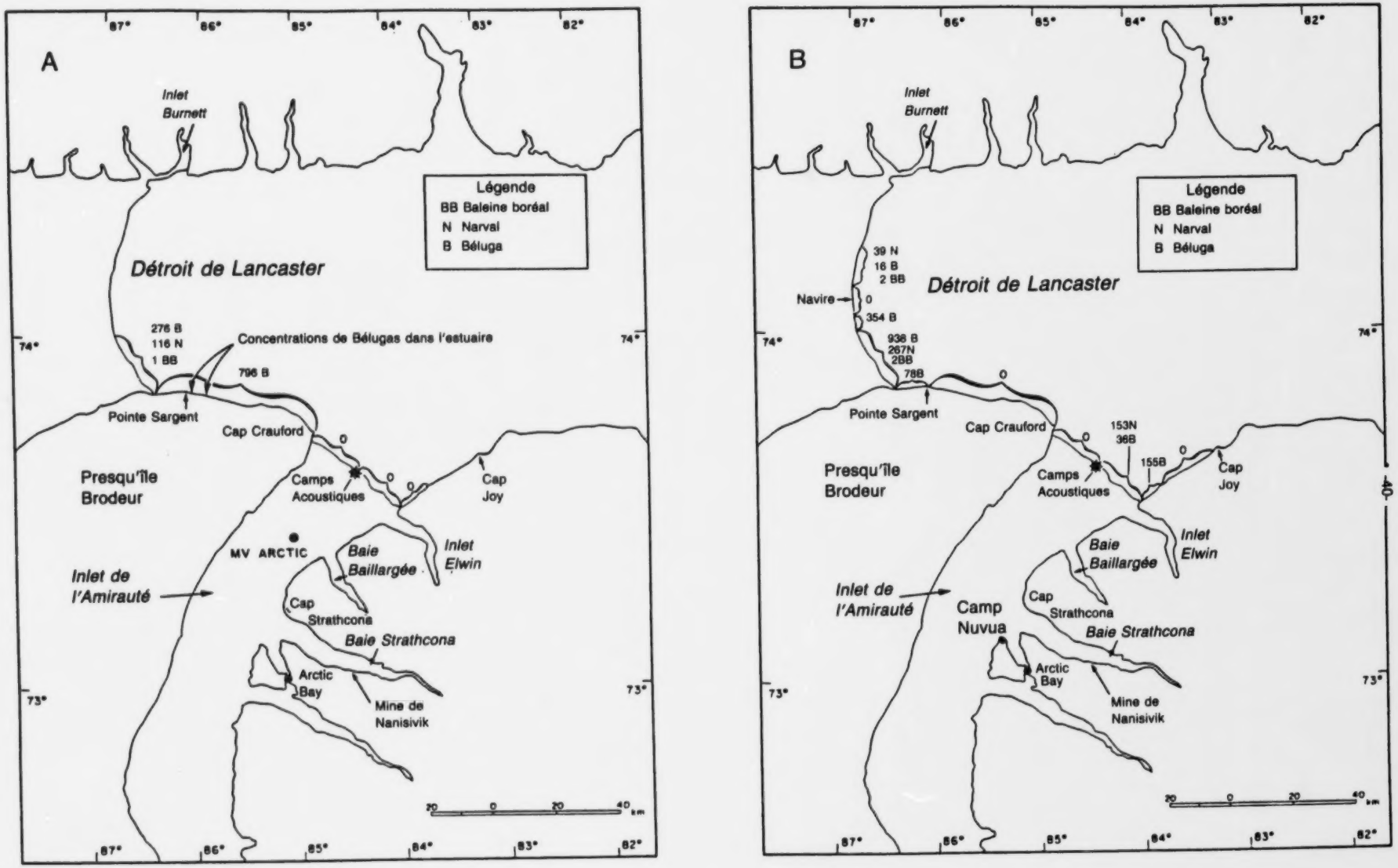

Fig. 7.Distribution du nombre de narvals, de bélugas et de baleines boréales le long de la lisière de glace de l'inlet de l'Amirauté, des régions côtières voisines et d'une partie de la lisière de glace du détroit de Lancaster A) entre 20 h 51 et 22 h 05, le 29 juin 1982 et B) entre 20 h 30 et 22 h 07, le 30 juin 1982. La position du brise-glace John A. MacDonald le long de la lisière de glace du détroit de Lancaster le 30 juin est également indiquée.

Approche de l'Arctic

Les premiers changements visibles dans le comportement des baleines en réaction à la présence de l'Arctic ont été remarqués à 8 h, le 24 juin, lorsque le navire se trouvait à environ 84 km de la lisière de glace du détroit de Lancaster. Le mouvement du navire était à peine audible à l'oreille humaine avec les hydrophones, et l'activité vocale (plusieurs cris de large bande et tonalités plus basses) des bélugas indiquait qu'ils entendaient le son. Les "cris d'alarme" étaient également entendus à un poste d'enregistrement sur la banquise côtière à 11 km de la lisière de glace. A 8 h, les bruits de claquement des narvals étaient présents mais intermittents. Peu après, les bélugas ont commencé à se déplacer rapidement le long de la lisière de glace et les narvals ont manifesté leur comportement "figé". Les bélugas avaient quitté la zone plus de deux heures avant que l'Arctic n'atteigne la lisière à 12 h 20. Les derniers narvals ont quitté la zone environ quarante minutes avant l'arrivée du navire.

En raison des mauvaises conditions météorologiques et de l'état instable des glaces, il nous a été impossible de déterminer jusqu'à quelle distance les baleines ont été déplacées par la présence de l'Arctic et à quel moment elles ont commencé à revenir dans la zone perturbée. L'Arctic a continué presque sans arrêt à briser la glace à partir de son arrivée jusqu'à 9 h 07 le lendemain

matin, le 25 juin. L'observation aérienne du 25 juin, deux heures après la cessation des activités de l'Arctic, montrait que les narvals étaient déjà revenus dans la zone perturbée; en fait, ils étaient concentrés dans l'ouverture pratiquée dans la glace par le navire (fig. 8A). Il semblait que les bélugas venaient tout juste d'arriver dans la zone et à la fin de la journée, dix heures après la cessation des activités de l'Arctic, ils avaient apparemment réoccupé presque en totalité la partie sud de la lisière de glace dans le détroit de Lancaster (fig. 8B).

Démarrage de l'Arctic et arrivée du John A. MacDonald

Les deux espèces de baleines avaient repris leurs profils normaux de comportement avant que l'Arctic ne démarre et ne recommence à briser la glace à 7 h 56, le 26 juin. Le démarrage a provoqué immédiatement un mouvement "de fuite" (accompagné de "cris d'alarme") chez les bélugas qui se trouvaient dans le secteur de l'anse. Environ 225 bélugas ont défilé sous les yeux d'un observateur dans une période de neuf minutes. Les quelques narvals qui se trouvaient dans la zone ont disparu.

Une observation aérienne effectuée 1,5 heure après le démarrage du navire montre que les bélugas se sont déplacés jusqu'à 49 km au nord le long de la lisière de glace (fig. 9A). Des calculs approximatifs montrent que les animaux ont dû maintenir des vitesses

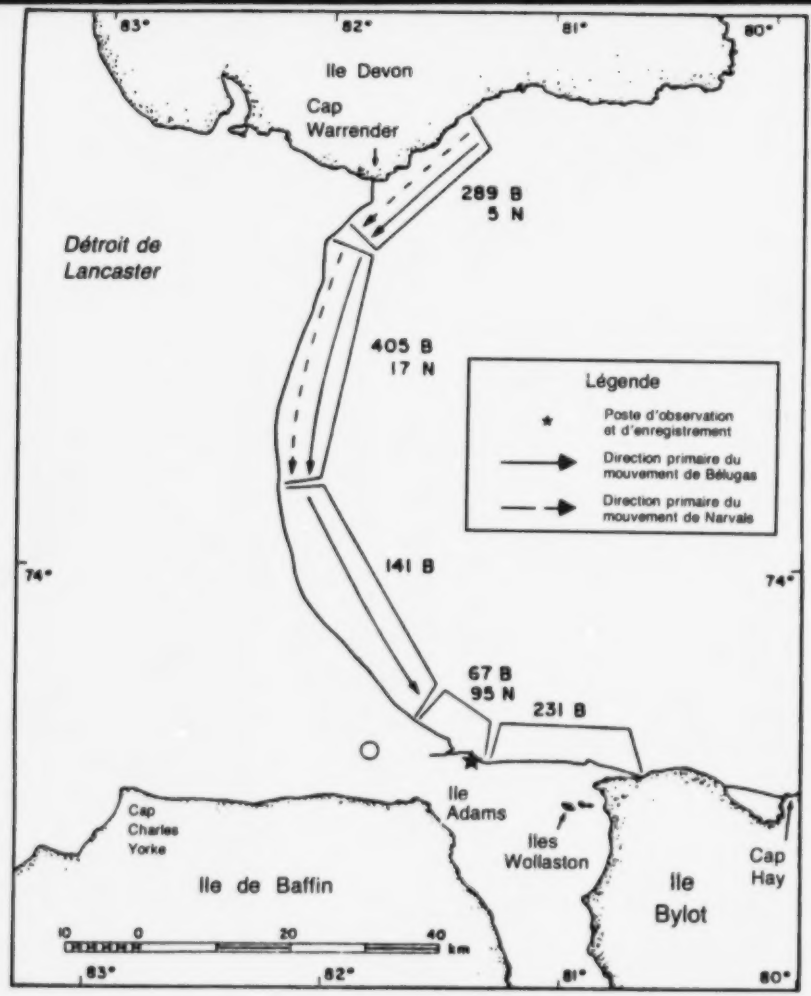

Fig. 8A. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 6, de 10 h 59 à 11 h 49, le 25 juin 1983. Au total, 117 narvals et 1 133 bélugas ont été aperçus. La position de l'Arctic au moment de l'étude est indiquée par un cercle vide. Les flèches indiquent la direction du mouvement lorsqu'au moins 75 p. 100 des baleines suivaient la même direction dans un segment particulier de la lisière de glace.

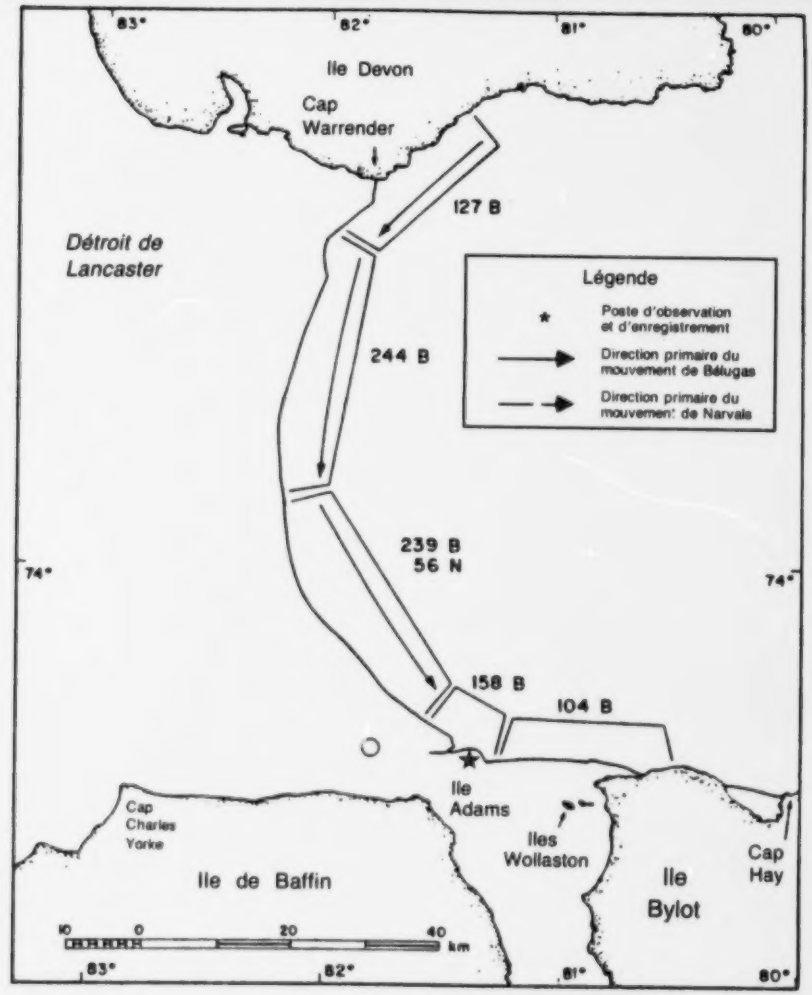

Fig. 8B. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 7, de 19 h 24 à 20 h 24, le 25 juin 1983. Au total, 56 narvals 872 bélugas ont été aperçus. La position de l'Arctic au moment de l'étude est indiquée par un cercle vide.

supérieures à 20 km/h. Les narvals ont également été déplacés; aucun ne se trouvait dans un rayon de 18 km au nord du sillage du navire. Les narvals tout comme les bélugas ont cessé leurs déplacements au sud de la route du navire lorsqu'ils ont atteint la côte de l'île Bylot à environ 20 km de la zone de perturbation. Il est probable que les baleines ont d'abord réagi à l'Arctic mais, au moment du relevé, l'arrivée du John A. MacDonald produisait également un effet. Le John A. MacDonald est arrivé à la lisière de glace vers 13 h 30, le 26 juin.

Une observation aérienne effectuée 1 heure après l'arrivée du John A. MacDonald montre que les bélugas ont poursuivi leurs déplacements vers le nord le long de la lisière de glace; les animaux les plus près se trouvaient à 80 km au nord de la route du navire. Les narvals les plus près étaient à 37 km au nord de la route du navire, et il était clair que certains narvals s'étaient dispersés au large (fig. 9B). Les bélugas étaient aussi concentrés en grand nombre le long de la côte de l'île Bylot.

Après leur départ, les bélugas n'ont été ni vus ni entendus pendant toute la seconde période de perturbation. Cependant, les narvals sont retournés dans la zone de perturbation dans les douze heures suivant le début de celle-ci alors que le John A. MacDonald continuait de briser la glace 13 km plus loin. Le niveau de bruit maximum perçu à ce moment là était de l'ordre de

120 dB//1 uPa dans la bande de 20-1000 Hz. L'activité des narvals en surface a semblé normale et dans les périodes de calme entre les phases où le brise-glace fonçait et reculait, le "claquement" des narvals était fort.

Démarrages subséquents des navires

Pendant la période de cinq jours débutant le 27 juin, le John A. MacDonald et l'Arctic ont avancé lentement vers l'ouest à travers la banquise côtière, à une vitesse moyenne d'à peine 4 km par jour. Dans le sillage du John A.MacDonald, l'Arctic n'a travaillé que par intermittence. Bien que les niveaux de bruit aient quelque peu diminué, ils n'en restaient pas moins importants. Le maximum de bruit perçu à la lisière de glace atteignait encore 115 dB//1 uPa dans la bande 20-1000 Hz au cours des opérations de recul du John A. MacDonald, le 1er juillet.

Nous n'avons discerné aucune influence notable des démarrages ou de l'activité du navire sur le comportement des narvals, sauf une fois lorsque le John A. MacDonald est retourné vers la lisière de glace, le 29 juin. En fait, de prime abord et immédiatement après l'arrivée des deux navires, les narvals ont semblé être attirés vers la trouée et l'entrée remplie de décombres du sillage du navire et un grand nombre des animaux ont plongé en profondeur dans cette direction. Ce genre d'exploration a semblé

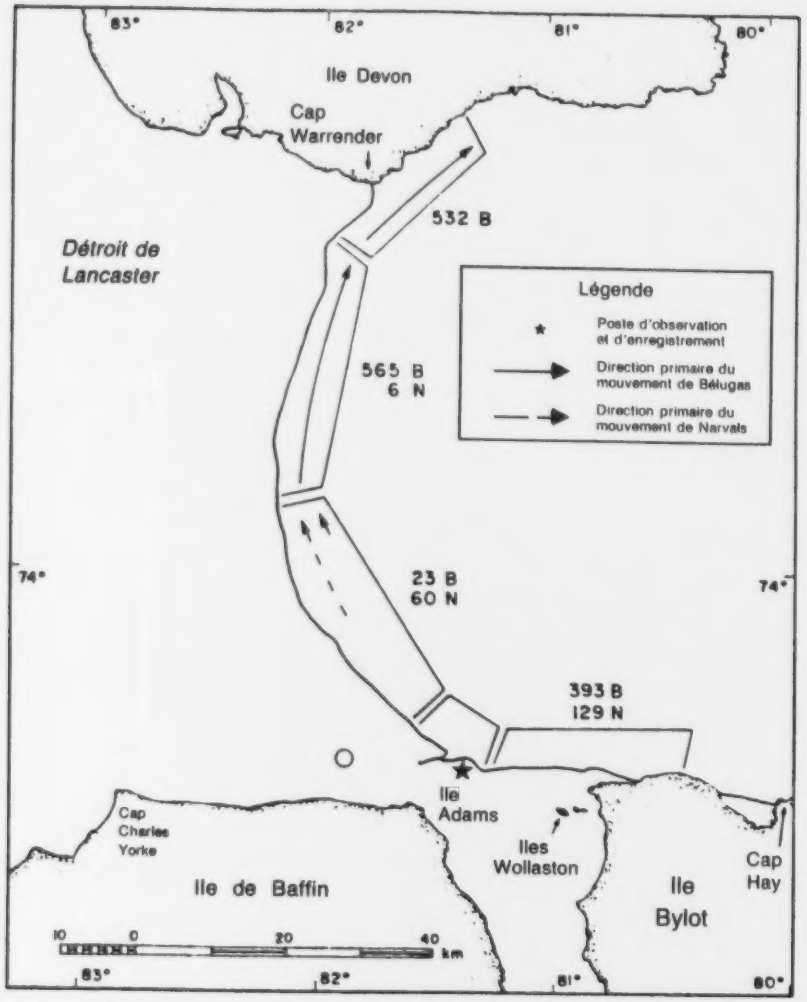

Fig. 9A. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 8, de 9 h 22 à 10 h 57, le 26 juin 1983. Au total, 195 narvals et 1 513 bélugas ont été aperçus. La position de l'Arctic au moment de l'étude est indiquée par un cercle vide.

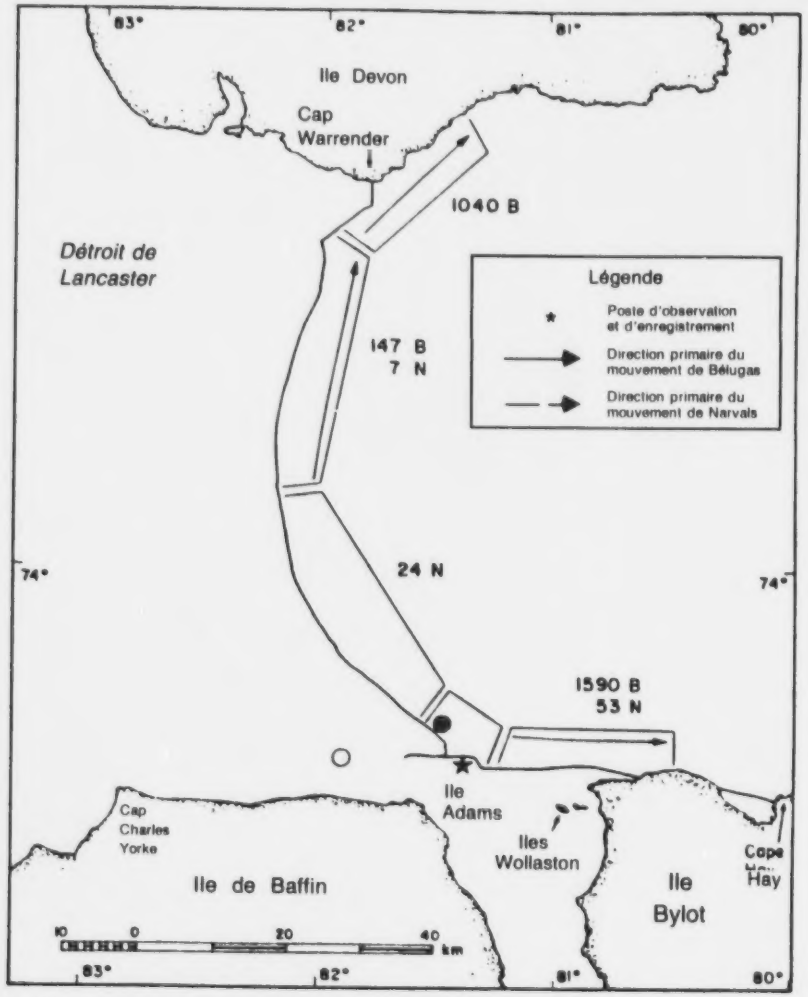

Fig. 9B. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 9, de 14 h 28 à 16 h 50, le 26 juin 1983. Au total, 84 narvals et 2 777 bélugas ont été aperçus. La position de l'Arctic et du John A. MacDonald au moment de l'étude sont indiquées respectivement par un cercle vide et un cercle plein.

s'estomper une fois passé leur premier intérêt; les narvals ont continué d'apparaître sporadiquement en petit nombre autour de la route du navire et la majorité de leurs plongeons sont restés en direction du sillage du navire. A la sixième période de perturbation, le 30 juin, la plupart des narvals s'étaient rendus dans une aire d'alimentation le long de la lisière de glace au nord des îles Wollaston (fig. 10). Un tel rassemblement de bélugas dans une aire d'alimentation a été observé au même endroit le 1er juillet. C'est le seul cas d'activité alimentaire intensive que nous avons pu observer le long de la lisière de glace pendant toute la période d'étude.

Les bélugas ont continué de réagir pendant que les navires démarraient et brisaient la glace de la troisième à la septième période de perturbation. Ils ont réagi par des "cris d'alarme" au cours des troisième, quatrième et cinquième démarrages des navires et aux autres moments, pendant que ces derniers brisaient la glace, l'activité vocale des bélugas indiquait un niveau élevé d'excitation. Les bélugas ne sont retournés dans la zone de la route du navire que pendant les intervalles de calme qui ont suivi les troisième et quatrième périodes de perturbation; ce n'est qu'à la cinquième période de perturbation que les bélugas sont véritablement retournés vers la route tandis que les navires étaient en activité. (Ils sont partis de nouveau lorsque le MacDonald est revenu dans un rayon de 18 km de la lisière de glace pour aider

l'Arctic.) Quoique la couverture des observations aériennes ait été incomplète après le 27 juin, il semble que les bélugas n'aient pas entièrement réintégré avant le début de juillet, au cours de la septième période de perturbation, la lisière de glace autour de la zone perturbée par les navires (fig. 11A).

Formation de fissures glacielles

Au-delà de la septième période de perturbation (1er juillet), les profils de distribution et de comportement des narvals et des bélugas ont subi des complications à cause de la formation de fissures glacielles produites par les navires et de la perturbation considérable provoquée par les chasseurs. Néanmoins, des données ont été obtenues sur certains aspects intéressants des comportements de ces deux espèces.

Le 2 juillet, très peu de temps après la formation d'une fissure importante dans la banquise côtière, il y a eu une grande affluence de narvals et de bélugas. Le mouvement en direction de la fissure glacielle semblait être coordonné à partir d'une large zone, indiquant une quelconque forme de transmission de l'information, probablement acoustique. Pour la première fois depuis le début de l'étude, un grand nombre de femelles et de jeunes narvals, vraisemblablement en provenance de la haute mer, ont été observés. Au total, 1 752 baleines (1 260 bélugas et 492 narvals) ont été

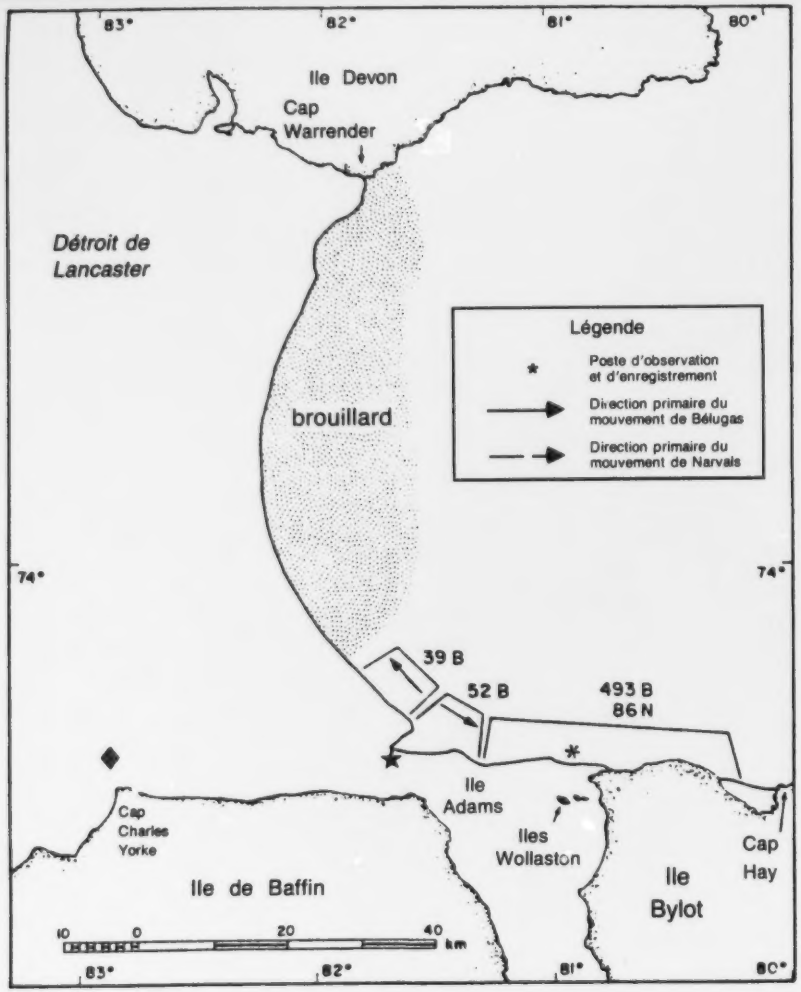

Fig. 10A. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 12, de 12 h 42 à 13 h 45, le 30 juin 1983. Au total, 86 narvals et 584 bélugas ont été aperçus le long de la partie sud (libre de brouillard) de la lisière de glace. L'astérisque représente l'emplacement le long de la lisière de glace de l'inlet Navy Board où 55 narvals et 396 bélugas se sont rassemblés. La position de l'Arctic et du John A.MacDonald au moment de l'étude est indiquée par un losange.

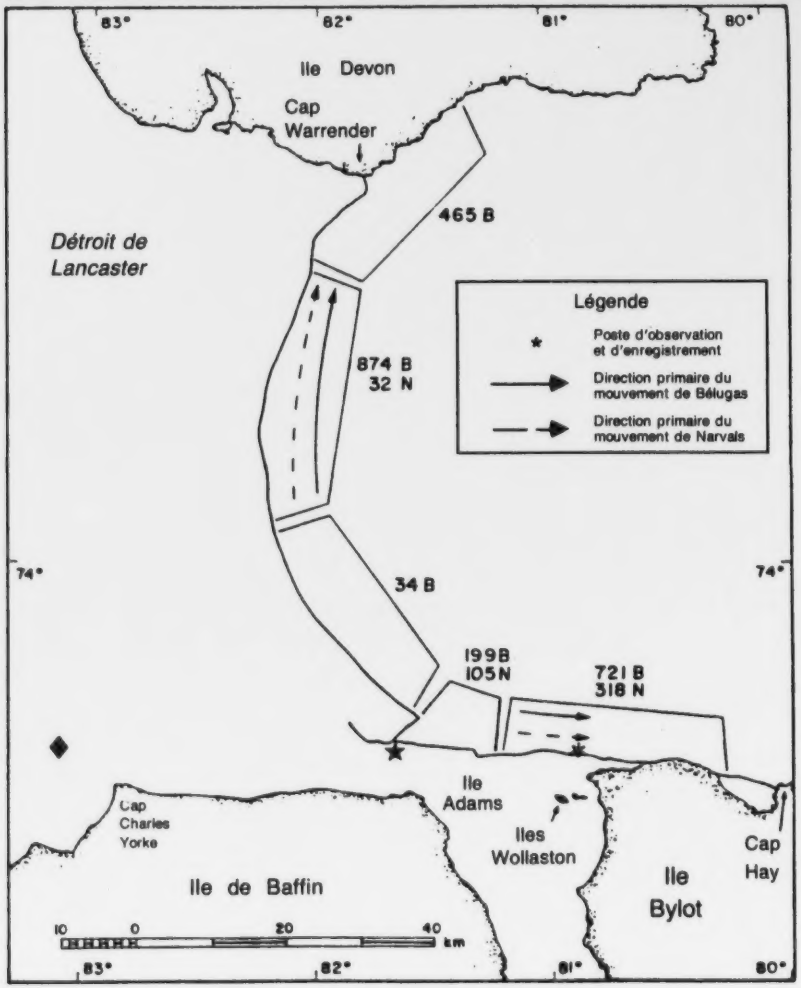

Fig. 10B. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 13, de 12 h 35 à 14 h 25, le 1er juillet 1983. Au total, 455 narvals et 2 293 bélugas ont été aperçus. L'astérisque représente l'emplacement le long de la lisière de glace de l'inlet Navy Board où 239 narvals et 391 bélugas se sont rassemblés. La position de l'Arctic et du John A. MacDonald au moment de l'étude est indiquée par un losange.

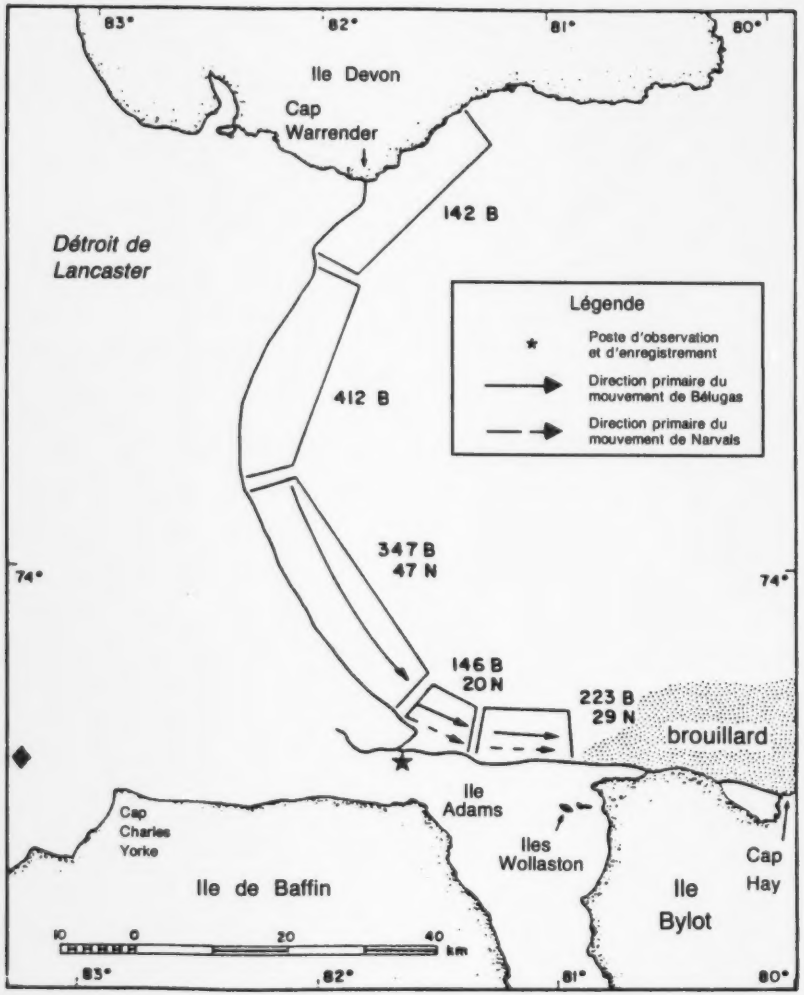

Fig. 11A. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 14, de 11 h 17 à 12 h 28, le 2 juillet 1983. Au total, 96 narvals et 1 270 bélugas ont été aperçus. Le brouillard a empêché une étude de la partie de la lisière de glace de l'inlet Navy Board et de la côte de l'île Bylot. La position de l'Arctic et du John A. MacDonald au moment de l'étude est indiquée par un losange.

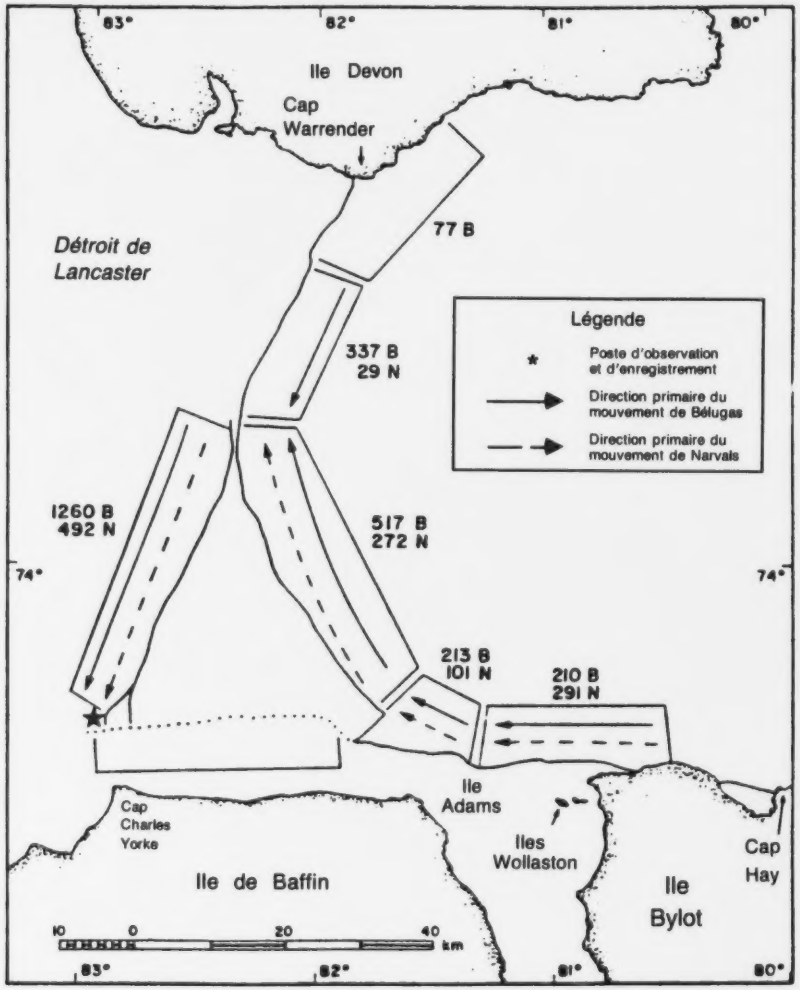

Fig. 11B. Distribution et nombre de narvals et de bélugas observés au cours de l'étude 15, de 10 h 55 à 12 h 45, le 3 juillet 1983. Au total 1 185 narvals et 2 614 bélugas ont été aperçus.

comptées le long de l'unique longue fissure (fig. 11B). La fissure menait directement vers les brise-glace, et les narvals, tout comme les bélugas, ont pénétré jusqu'à un rayon de 23 km du navire le plus proche lorsqu'ils sont parvenus à l'extrémité de la fissure glacielle, là où elle rejoignait la route du navire. Ainsi entravées, les baleines étaient extrêmement vulnérables; les chasseurs d'Arctic Bay ont pris 23 narvals adultes mâles entre le 3 et le 8 juillet.

Réactions des baleines en 1984

Du 27 juin au 2 juillet 1984, nous avons exécuté un programme d'observation aérienne d'une semaine pour obtenir des données sur les réactions à grande échelle des bélugas et des narvals le long de la lisière de glace du détroit de Lancaster, à l'approche de l'Arctic et du Louis St. Laurent et pendant que ces derniers brisaient la glace. Aucun membre de l'équipe n'étant posté sur la banquise en 1984, nous n'avons pu recueillir de données ni sur les niveaux de bruit produit par les navires, ni sur les vocalisations des baleines.

L'observation aérienne effectuée le 27 juin, la veille de l'arrivée des navires, a fourni des données sur les profils types de distribution des baleines avant la perturbation (fig. 12A). Les bélugas étaient répartis plus ou moins également le long de la

lisière de glace et les narvals étaient également répartis le long de la partie sud de la lisière. Ces deux espèces étaient largement distribuées en petit nombre sur les transects hauturiers. Au moment de ce relevé, les navires se trouvaient à plus de 300 km de distance.

Des changements importants dans la distribution des baleines étaient en train de se produire lorsque nous avons effectué l'observation suivante au matin du 28 juin (fig. 12B). Nous avons commencé l'étude à 8 h, soit deux heures après que l'Arctic fut arrivé à la lisière de glace et eut arrêté son moteur principal. Le Louis St. Laurent s'approchait de la lisière de glace et il est arrivé à 9 h. En fait, toutes les baleines avaient quitté les eaux hauturières près des routes des navires qui s'approchaient. Le long de la lisière de glace, il n'y avait pas de bélugas, et quatre narvals seulement ont été vus sur un parcours de 27 km le long de la lisière, centré sur la position de l'Arctic. Les narvals à proximité de la lisière de glace avaient adopté leur comportement figé. La majeure partie des bélugas et des narvals nageaient vers le nord, le long de la lisière de glace, en s'éloignant des navires. Aucun béluga n'était présent dans un rayon de 20 km des navires. Les animaux à 20 - 80 km au nord des navires se dirigeaient résolument vers le nord. Les baleines situées à plus de 80 km au nord des navires tournaient en rond et se reposaient, et ne réagissaient apparemment pas aux navires. Par conséquent, certains bélugas s'étaient éloignés d'au moins 20 km des navires et d'autres

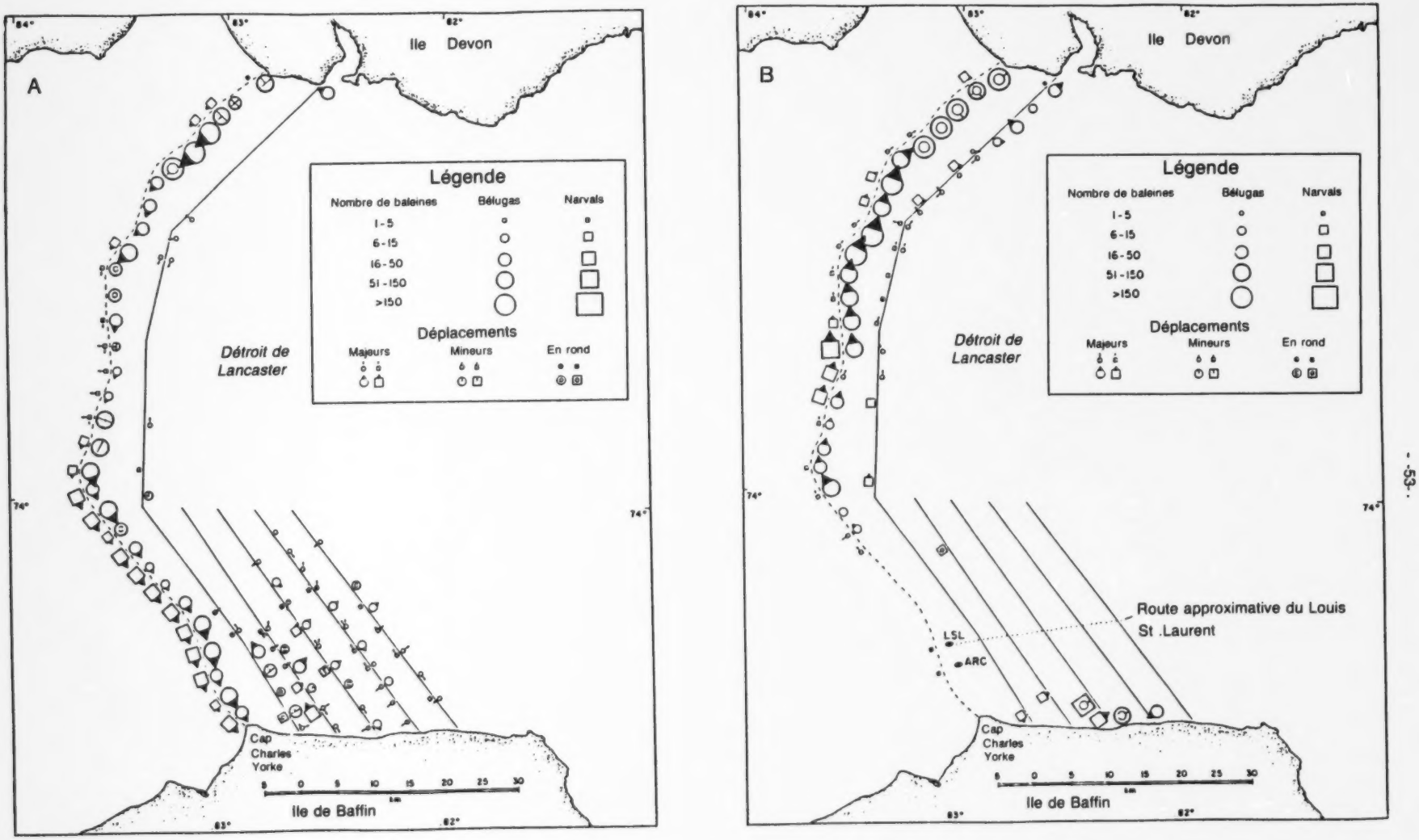

Fig. 12. Distribution et directions du mouvement des narvals et des bélugas enregistrés au cours des observations aériennes A) le 27 juin 1984 (11 h 30 - 14 h 15) et B) le 28 juin 1984 (8 h 00 - 10 h 00). La position de l'Arctic (ARC) et du Louis St. Laurent (LSL) au moment de l'observation est également indiquée.

réagissaient à une distance maximale de 80 km. L'ensemble des narvals le long de la lisière s'étaient également éloignés à des distances semblables.

A 16 h le 28 juin, neuf heures après l'arrivée du St. Laurent à la lisière de glace, les baleines ont commencé à revenir dans le secteur (fig. 13A). Depuis leur arrivée, les navires avaient dérivé, leur moteur principal arrêté, mais certaines des machines continuaient de fonctionner à bord. Les narvals ont avancé beaucoup plus loin vers le sud (15 km) que les bélugas mais les deux espèces sont retournées dans la zone perturbée précédemment.

Au cours de la nuit, les deux navires se sont avancés dans la glace sur une courte distance puis ils ont stoppé à nouveau. L'observation aérienne du matin du 29 juin montre que la distribution des narvals vingt-quatre heures après l'arrivée des navires (fig. 13B) était revenue à la condition normale précédant la perturbation. La distribution des narvals et des bélugas au large était elle aussi revenue à la normale. Cependant, la distribution des bélugas le long de la lisière de glace restait perturbée par les navires. Les bélugas avaient réintégré la lisière au nord des navires mais ils décrivaient des cercles et n'avaient pas dépassé les navires pour réoccuper la partie sud de la lisière (fig. 13B).

Des données ont été recueillies sur un nouvel épisode de perturbation en 1984. Au début de la soirée du 29 juin, les deux navires ont démarré en direction sud le long de la lisière de glace puis ont viré vers l'ouest et commencé à briser la glace. Nous étions en train de survoler la portion la plus à l'est du transect (20-25 km de la lisière de glace) lorsque les navires ont commencé à se déplacer. Les réactions des baleines ont été immédiates et frappantes. En fait, toutes les baleines ont commencé à se déplacer très rapidement, pratiquant le "marsouinage" et restant très peu de temps sous l'eau. Les bélugas ont adopté le comportement de fuite plus rapidement que les narvals, mais ces derniers se déplaçaient plus rapidement que d'après les observations précédentes. Une heure plus tard, le long de la lisière de glace, les narvals et les bélugas se dirigeaient vers le nord en s'éloignant des navires. Il n'y avait pas de narvals le long de la bande de glace de 27 km, au nord des navires. Au sud des navires, les narvals plongeaient rapidement en direction des navires en mouvement (fig. 14A).

La cueillette des données sur le retour à la normale a été entravée par le brouillard le 30 juin et l'apparition de fissures dans la banquise côtière le 1er juillet, qui ont obligé les baleines à se déplacer dans la glace et à s'éloigner de la lisière. Néanmoins, il était évident que même quarante-cinq heures après le démarrage des navires près de la lisière de glace, la distribution des bélugas le long de celle-ci et en haute mer n'était pas revenue

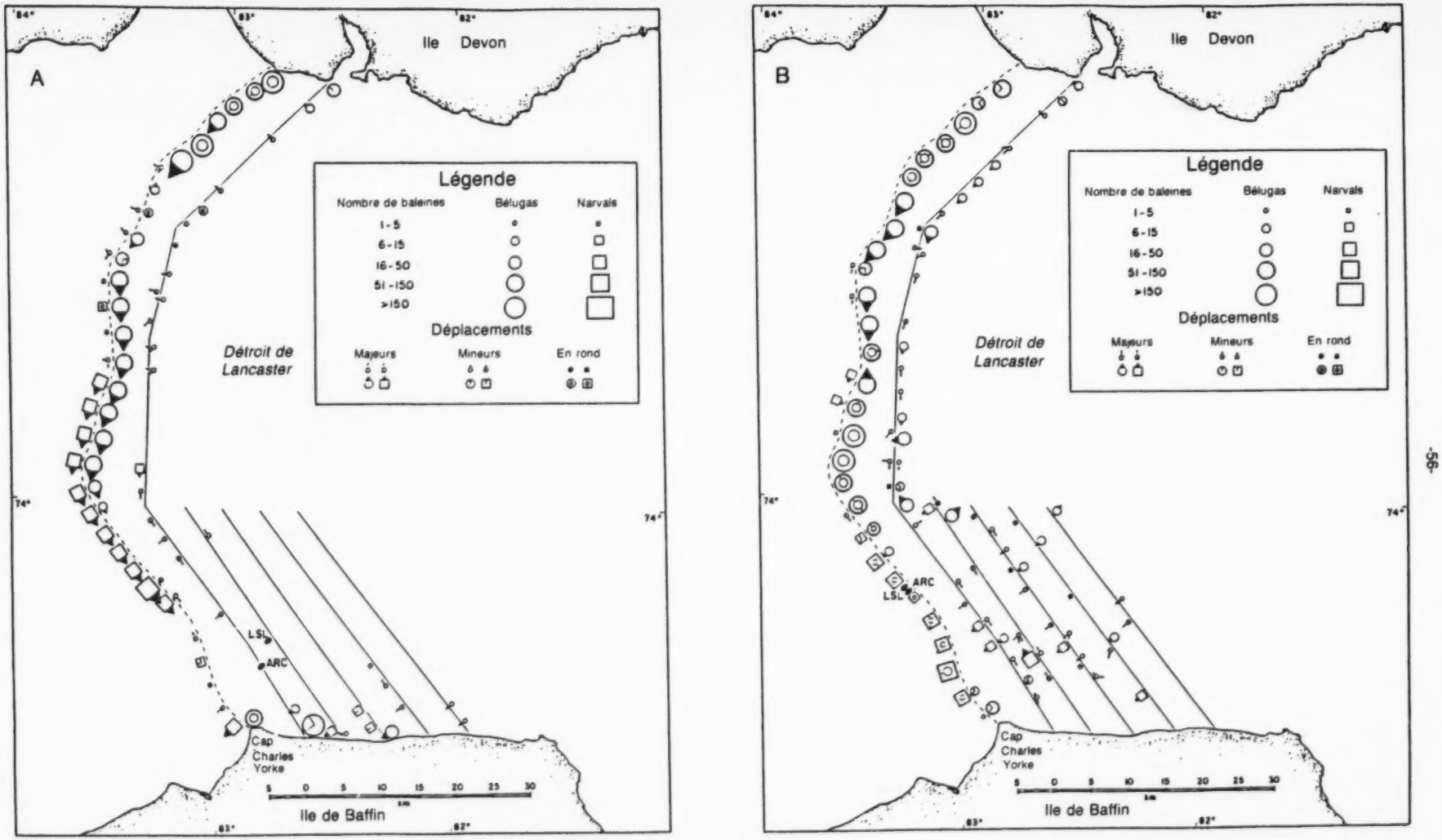

Fig. 13. Distribution et directions du mouvement des narvals et des bélugas enregistrés au cours des observations aériennes A) le 28 juin 1984 (16 h 00 - 18 h 00) et B) le 29 juin 1984 (8 h 10 - 10 h 15). La position de l'Arctic (ARC) et du Louis St. Laurent (LSL) au moment de l'observation est également indiquée.

à la normale (fig. 14B). A ce moment-là, les navires se trouvaient à environ 45-50 km dans la glace mais, d'après les données des années précédentes, le bruit relativement faible d'un navire pouvait encore atteindre la lisière de glace. Au matin du 2 juillet, soit seize heures plus tard, la distribution des bélugas était presque revenue à la normale. Le 1er juillet, la distribution des narvals semblait assez normale, mais les baleines présentes étaient si rares qu'il était difficile d'évaluer la situation.

Dans l'ensemble, les résultats de 1984 étaient semblables à ceux qui avaient été obtenus en 1982 et en 1983. Rien n'indique que les baleines réagissaient moins vigoureusement en 1984 qu'au cours des années précédentes. Tout comme en 1983, les deux espèces de baleines ont très fortement réagi à l'approche, au démarrage et à l'activité des navires le long de la lisière de glace. Les narvals sont revenus beaucoup plus rapidement que les bélugas aux profils de distribution et ont semblé moins perturbés par les navires lorsque ceux-ci se sont arrêtés et ont brisé la glace à des distances supérieures à 30 km dans la glace.

CONCLUSIONS

Les résultats de ces trois années d'étude démontrent clairement que les bélugas et les narvals de l'Extrême-Arctique sont très sensibles aux perturbations causées par le transport au

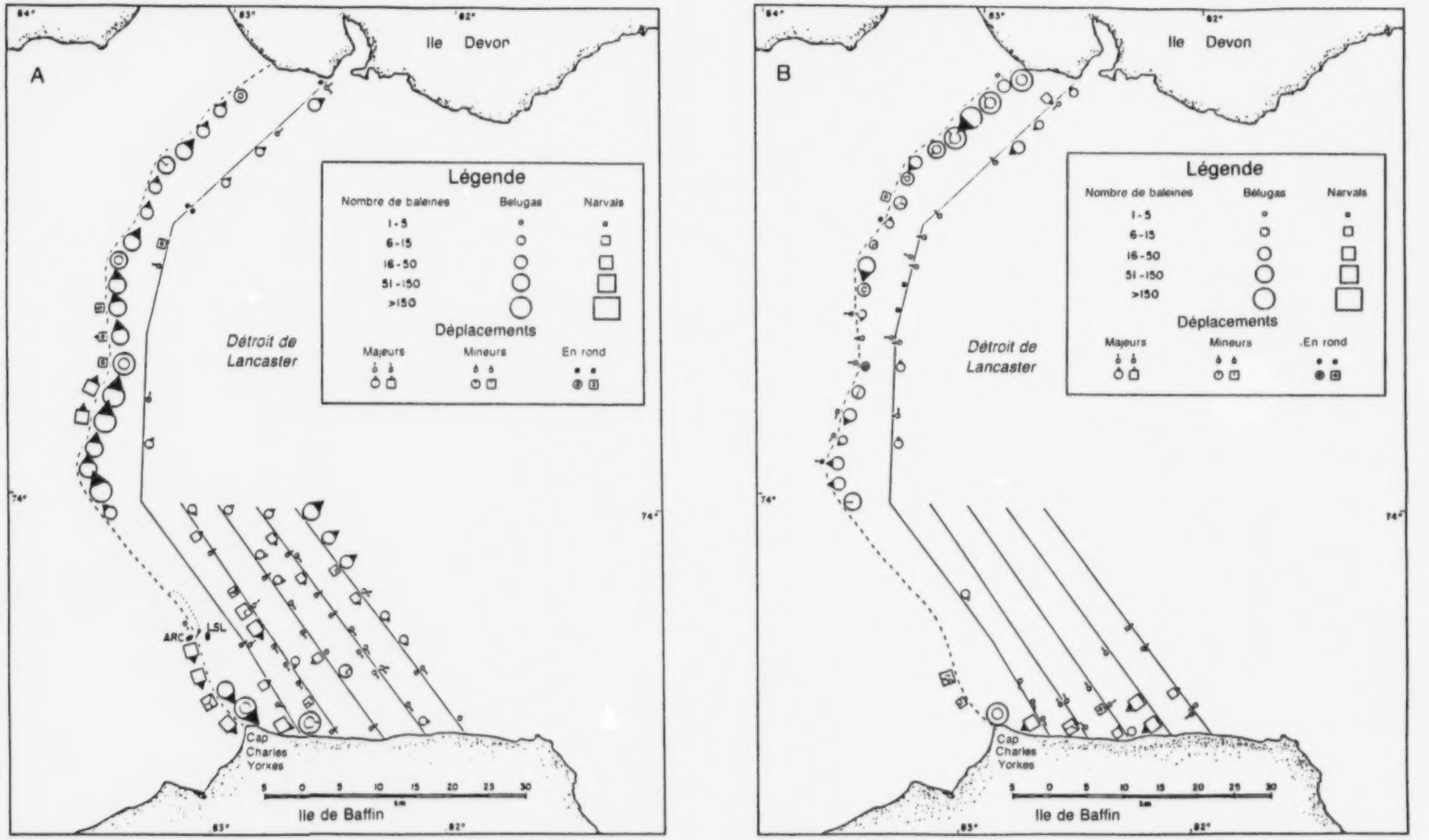

Fig. 14 Distribution et directions du mouvement des narvals et des bélugas enregistrés au cours des observations aériennes A) le 28 juin 1984 (16 h 00 - 18 h 00) et (B) le 29 juin 1984 (8 h 10 - 10 h 15). La position de l'Arctic (ARC) et du Louis St. Laurent (LSL) au moment de l'observation est également indiquée.

printemps. Cependant, ces deux espèces réagissent de manière différente en fonction de leurs stratégies globales de survie. Celles-ci ont été appelées réaction "de fuite" pour les bélugas et réaction "figée" pour les narvals. Les caractéristiques suivantes de comportement visible ou audible constituent les deux profils :

Bélugas	Narvals
- déplacements rapides	- déplacements lents ou nuls
- cohésion du troupeau mais perte d'intégrité des petites bandes	- cohésion des petites bandes, contacts corporels, pas de regroupement en troupeau
- plongeons asynchrones, peu profonds, "marsouinage"	- immersion en coulant à pic
- pagophilie prononcée (frôlement des glaces) et fuite vers la côte, déplacement sous la glace	- pagophilie prononcée, fuite probable vers la haute mer, déplacement sous la glace
- cris d'alarme	- silence

L'Inuk identifie cette série de comportements par un concept causal "ardlingayuk" - "crainte des orques". Les réactions des bélugas et des narvals à des situations menaçantes possibles, comme les navires, pourraient être considérées dans un modèle d'"ardlingayuk".

Tant les bélugas que les narvals ont montré qu'ils étaient conscients de l'approche d'un navire à plus de 80 km. Les cris d'alarme des bélugas ont retenti alors que l'Arctic était encore éloigné de 84 km. D'après les données recueillies dans les deux cas, les fortes réactions d'évitement du navire ont débuté lorsque celui-ci arrivait à des distances de 35-50 km. L'approche des navires a entraîné le déplacement des deux espèces, mais plus particulièrement des bélugas. L'importance du déplacement des bélugas peut dépendre de la proximité de la couverture de glace et de la faible profondeur des eaux côtières. En réaction à l'approche des navires vers les lisières de glace, les bélugas peuvent franchir 80 km le long des lisières de glace vers les régions côtières, ou ils peuvent s'arrêter dans un rayon de 20 km lorsque les eaux côtières se trouvent à cette distance. Les perturbations n'ont pas chassé les narvals aussi rapidement et aussi loin que les bélugas. Dans certains cas, les narvals se sont éloignés à au moins 37 km le long de la lisière de glace et quelques animaux se sont même dispersés dans les eaux côtières.

Il se peut que les baleines aient fortement réagi parce qu'elles craignaient d'être éventuellement coincées entre le navire qui approchait et la lisière de glace. Évidemment, nous ne possédons pas de données sur les réactions possibles des baleines à l'endroit d'un navire se déplaçant parallèlement à la lisière de glace et non en direction de celles-ci. Toutefois, les bélugas et

les narvals dans les eaux côtières ont réagi très fortement lorsque l'Arctic et le Louis St. Laurent se sont mis en marche le long de la lisière de glace à 20-25 km des baleines. Cet incident montre que les fortes réactions ne traduisent pas la crainte d'être éventuellement pris au piège le long d'une lisière de glace.

Les bélugas ont constamment manifesté des réactions plus fortes aux perturbations produites par le navire que les narvals. Ils ont quitté plus rapidement la zone perturbée, s'en sont éloignés davantage et y sont revenus plus lentement que les narvals. Mises à part leurs premières réactions à l'approche des navires, les narvals ont peu ou pas réagi aux navires qui démarraient ou brisaient la glace lorsque ceux-ci exerçaient leur activité sur la banquise côtière à l'écart de la lisière; nous n'avons pu déceler aucune réaction indiquée par le niveau de leur activité vocale ou par leur comportement à la surface à des niveaux perçus du bruit des navires allant jusqu'à 120 dB//1 uPa dans la bande de 20-1000 Hz. Le retour des bélugas et des narvals à la zone perturbée lorsque les niveaux de bruit étaient plus élevés que ceux auxquels ils ont d'abord réagi montre que leur réaction initiale était la surprise et que, par la suite, leur sensibilité au bruit des navires s'est atténuée.

Mis à part quelques récits anecdotiques sur les réactions des narvals aux hors-bord et à la chasse par les Inuit, il n'y avait

Tant les bélugas que les narvals ont montré qu'ils étaient conscients de l'approche d'un navire à plus de 80 km. Les cris d'alarme des bélugas ont retenti alors que l'Arctic était encore éloigné de 84 km. D'après les données recueillies dans les deux cas, les fortes réactions d'évitement du navire ont débuté lorsque celui-ci arrivait à des distances de 35-50 km. L'approche des navires a entraîné le déplacement des deux espèces, mais plus particulièrement des bélugas. L'importance du déplacement des bélugas peut dépendre de la proximité de la couverture de glace et de la faible profondeur des eaux côtières. En réaction à l'approche des navires vers les lisières de glace, les bélugas peuvent franchir 80 km le long des lisières de glace vers les régions côtières, ou ils peuvent s'arrêter dans un rayon de 20 km lorsque les eaux côtières se trouvent à cette distance. Les perturbations n'ont pas chassé les narvals aussi rapidement et aussi loin que les bélugas. Dans certains cas, les narvals se sont éloignés à au moins 37 km le long de la lisière de glace et quelques animaux se sont même dispersés dans les eaux côtières.

Il se peut que les baleines aient fortement réagi parce qu'elles craignaient d'être éventuellement coincées entre le navire qui approchait et la lisière de glace. Évidemment, nous ne possédons pas de données sur les réactions possibles des baleines à l'endroit d'un navire se déplaçant parallèlement à la lisière de glace et non en direction de celles-ci. Toutefois, les bélugas et

les narvals dans les eaux côtières ont réagi très fortement lorsque l'Arctic et le Louis St. Laurent se sont mis en marche le long de la lisière de glace à 20-25 km des baleines. Cet incident montre que les fortes réactions ne traduisent pas la crainte d'être éventuellement pris au piège le long d'une lisière de glace.

Les bélugas ont constamment manifesté des réactions plus fortes aux perturbations produites par le navire que les narvals. Ils ont quitté plus rapidement la zone perturbée, s'en sont éloignés davantage et y sont revenus plus lentement que les narvals. Mises à part leurs premières réactions à l'approche des navires, les narvals ont peu ou pas réagi aux navires qui démarraient ou brisaient la glace lorsque ceux-ci exerçaient leur activité sur la banquise côtière à l'écart de la lisière; nous n'avons pu déceler aucune réaction indiquée par le niveau de leur activité vocale ou par leur comportement à la surface à des niveaux perçus du bruit des navires allant jusqu'à 120 dB//1 uPa dans la bande de 20-1000 Hz. Le retour des bélugas et des narvals à la zone perturbée lorsque les niveaux de bruit étaient plus élevés que ceux auxquels ils ont d'abord réagi montre que leur réaction initiale était la surprise et que, par la suite, leur sensibilité au bruit des navires s'est atténuée.

Mis à part quelques récits anecdotiques sur les réactions des narvals aux hors-bord et à la chasse par les Inuit, il n'y avait

aucune étude sur la réaction des narvals aux navires de grandes dimensions. Il y avait eu toutefois des études et des observations sur les réactions des bélugas au trafic maritime dans d'autres secteurs (voir Davis et Thomson 1984 pour un compte rendu). Il semble que les bélugas se soient adaptés au transport régulier effectué tout près, pendant la saison d'eau libre dans l'inlet Cook en Alaska, l'estuaire de la rivière Churchill au Manitoba et dans le golfe Saint-Laurent. Les bélugas dans la partie sud-est de la mer de Beaufort prennent le large pour éviter les navires qui arrivent mais ils restent beaucoup plus près des navires (2-3 km) que les baleines du détroit de Lancaster (M.A. Franker cité dans Davis et Thomson 1984). Dans chacun des cas susmentionnés, les bélugas ont été exposés à des niveaux beaucoup plus élevés de trafic pendant un certain nombre d'années. Il se peut que les bélugas de l'Extrême-Arctique, encore inexpérimentés à l'égard du trafic maritime, n'aient pas encore eu le temps de s'y habituer.

L. Lowry (cité dans Davis et Thomson 1984) a observé jusqu'à 500 bélugas se nourrissant abondamment dans la baie Kvichak, située au fond de la baie Bristol en Alaska, pendant la remonte du saumon quinnat. A cette période, on pratique également dans la baie une pêche très intense au saumon avec environ 500 bateaux de pêche assistés par des bateaux-annexes à haute puissance et des hydravions monomoteurs à flotteurs. Il y a alors un va-et-vient constant de baleines entre les flottilles de pêche. Ce comportement est très différent de celui qui est observé dans le détroit de Lancaster et il est probablement lié au fait que les baleines se nourrissent

abondamment dans la baie Kvichak. Les bélugas le long de la lisière de glace dans le détroit de Lancaster attendent d'abord que la glace se disperse avant de se rendre aux aires estivales traditionnelles dans l'Arctique central. Étant donné qu'ils se nourrissent apparemment peu le long de ces lisières de glace, les bélugas ne sont pas véritablement intéressés à demeurer dans un endroit en particulier lorsqu'un navire s'approche. Plus tard en été, dans leurs estuaires traditionnels, les bélugas sont intéressés à rester dans un habitat limité et déterminé, comme le montre leur persistance à utiliser certains estuaires malgré le harcèlement acharné qu'ils ont à subir de la part des chasseurs (Finley et al. 1982; Finley 1982).

L'étude des réactions des bélugas et des narvals aux navires dans l'Extrême-Arctique au printemps est sans précédent dans la documentation sur les mammifères marins (Richardson et al. 1983).

OUVRAGES CITÉS

Davis, R.A., W.J. Richardson, S.R. Johnson et W.E. Renaud. Status of the Lancaster Sound narwhal population in 1976, Rep. Int. Whal. Comm. n° 28, 1978, p. 209-215.

Davis, R.A. et D.H. Thomson. Chapter 4. Marine mammals, p. 77-152 dans Proceedings of a synthesis meeting: the Barrow Arch environment and possible consequences of planned offshore oil and gas development, Girdwood, Alaska-30 October-1 November 1983, reproduit par LGL Ecological Research Associates, Bryan, Texas, pour Nat. Ocean. Atmos. ADmin., Juneau, Alaska.

Finley, K.J. The estuarine habit of the beluga or white whale Delphinapterus leucas, Cetus vol. IV,n° 2, 1982, p. 4-5.

Finley, K.J. et R.A. Davis. Reactions of beluga whales and narwhals to ship traffic and ice-breaking along ice edges in the eastern Canadian High Arctic: 1982-1984. An overview, reproduit par LGL Limited, Toronto, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1984, p. 42.

Finley, K.J., C.R. Greene et R.A. Davis. A study of ambient noise, ship noise, and the reactions of narwhals and belugas to the MV Arctic breaking ice in Admiralty Inlet, N.W.T. - 1982, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1983, 108 p.

Finley, K.J., G.W. Miller, M. Allard, R.A. Davis et C.R. Evans. Les Bélugas (Delphinapterus leucas) du Nouveau Québec : distribution, abondance, identification des stocks, historique des captures et gestion, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 11235, 1982, 68 p.

Finley, K.J., G.W. Miller, R.A. Davis et C.R. Greene. Responses of narwhals (Monodon monoceros) and belugas (Delphinapterus leucas) to icebreaking ships in Lancaster Sound - 1983, reproduit par LGL Ltd., King City, Ontario, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1984, 117 p.

Greene, C.R. Underice radiated noise measurements of the icebreaker CCGS John A. MacDonald in Baffin Bay and Lancaster Sound, June 1983, reproduit par Greeneridge Sciences Inc., Santa Barbara, CA, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1984, 31 p.

Koski, W.R. Distribution and migration of marine mammals in Baffin Bay and eastern Lancaster Sound, May-July 1979, reproduit par LGL Ltd., Toronto, pour Petro-Canada Exploration Inc., Calgary, 1980, 317 p.

Miller, G.W. et R.A. Davis. Distribution and movements of narwhals and beluga whales in response to ship traffic at the Lancaster Sound ice edge - 1984, reproduit par LGL Limited, Toronto, pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa, 1984, 34 p.

Richardson, W.J., C.R. Greene, J.P. Hickie et R.A. Davis. Review of the effects of offshore petroleum operations on cold water marine mammals, reproduit par LGL Ltd. pour American Petroleum Institute, 1982, 235 p.

Thiele, L. Preliminary results of underwater noise measurements on the icebraker John A. MacDonald, reproduit par Odegaard and Danneskiold - Sansoe K/S, Copenhagen, pour Greenland Fisheries Investigations, Copenhague, 1984.